



**André Ferreira de
Carvalho**

**Avaliação e Otimização da Produtividade com base
no conceito de Lean**



**André Ferreira de
Carvalho**

**Avaliação e Otimização da Produtividade com base
no conceito de Lean**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica do Doutor José Vasconcelos Ferreira, Professor Associado do Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo da Universidade de Aveiro

o júri

presidente

Prof. Doutora Ana Luísa Ferreira Andrade Ramos
Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro

Doutora Maria Henriqueta Dourado Eusébio Sampaio da Nóvoa
Professora Auxiliar da Universidade do Porto

Prof. Doutor José António de Vasconcelos Ferreira
Professor Associado da Universidade de Aveiro

agradecimentos

Ao meu orientador, Professor Doutor José Vasconcelos, pela disponibilidade e conselhos dados, à minha mãe pelo apoio incansável e disposição para ajudar, ao meu pai e irmã por todo o apoio, à minha namorada por ser a minha principal força, à minha orientadora, Engenheira Eva Vaz, por todos os ensinamentos e no geral, à acessibilidade de todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho.

palavras-chave

Lean Thinking, Melhoria Contínua, OEE, SMED, Planeamento da Produção, Produtividade

resumo

No presente trabalho propõe-se fazer uma análise à produtividade da empresa Ciclo Fapril, S.A., com vista à aplicação do pensamento *Lean Thinking* e das ferramentas associadas.

É realizada uma análise inicial, baseada no indicador OEE dos equipamentos das duas áreas mais abrangentes da Ciclo Fapril, a Soldadura e a Fábrica de Tubo. Tendo em vista a determinação de ações que possam ter um efeito positivo sobre este indicador, utiliza-se a metodologia SMED, com a intenção de criar tempo de abertura para o planeamento da produção, e aumentar a produtividade em geral. A partir daí, determinaram-se algumas oportunidades de melhoria, com o intuito de agilizar a mudança de ferramentas.

Até ao final do projeto, não foi possível implementar as medidas de melhoria propostas. No entanto, os valores apresentados demonstram a possibilidade de obter melhorias consideráveis, e ficam por isso algumas diretrizes que poderão ser seguidas no futuro.

keywords

Lean Thinking, Continuous Improvement, OEE, SMED, Production Planning, Productivity

abstract

The present work aims to analyze the productivity of the company Ciclo Fapril, S.A., having in sight the application of the thinking costumes of *Lean Thinking* and its tools.

An initial analysis is made, based in the OEE indicator of the two most prolific areas of the company, the welding section and the tube factory. To determine actions that could have a positive effect on this indicator, the SMED methodology is used with the intention of creating time for the planning of production and increasing productivity in general. From there, some chances of improvement were presented to speed up the tool change period. In the end it was not possible to effectively implement the proposed improvement measures. However, the presented values demonstrate the possibility of considerable improvements, and therefore some guidelines remain, which can be followed in the future.

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	1
1.1. ENQUADRAMENTO.....	1
1.2. O PROJETO	1
1.2.1. Motivação.....	1
1.2.2. Desafio	2
1.2.3. Metodologia Geral	2
1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	5
CAPÍTULO 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	7
2.1. CONCEITO DE PRODUTIVIDADE	7
2.2. <i>LEAN MANUFACTURING</i>	8
2.2.1. Princípios do <i>Lean Manufacturing</i>	8
2.2.2. Papel da Liderança.....	10
2.2.3. Os Pilares do <i>Lean Manufacturing</i>	12
2.3. FERRAMENTAS <i>LEAN</i>	13
2.3.1. TPM	13
2.3.2. <i>Overall Equipment Efficiency</i> – OEE	15
2.3.3 <i>Single Minute Exchange of Die</i> – SMED.....	18
CAPÍTULO 3 – A PRODUTIVIDADE DA CICLO FAPRIL S.A	23
3.1. INFORMAÇÃO GERAL	23
3.2. PROCESSO PRODUTIVO	27
3.3. OBJETIVO DE INTERVENÇÃO.....	32
CAPÍTULO 4 – INTERVENÇÃO REALIZADA.....	35
4.1. DIAGNÓSTICO E OPORTUNIDADES DE MELHORIA	35
4.2. MELHORIA DO OEE	46
4.3. MELHORIA DOS TEMPOS DE MUDANÇA DE FERRAMENTA	47
4.3.1. Secção de Soldadura.....	47
4.3.2. Fábrica de Tubo.....	50
4.3.2.1. Conversão de tarefas.....	50
4.3.2.2. Oportunidades de Melhoria	54
CAPÍTULO 5 – CONCLUSÃO	65
5.1. REFLEXÃO SOBRE O TRABALHO REALIZADO.....	65
5.2. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	71
ANEXO A: ANÁLISE DE PERDAS NO OEE [FONTE: SILVA (2009)]	71
ANEXO B: TEMPLATE FOLHA DE MEDIÇÃO DE TEMPOS.....	72
ANEXO C: TEMPOS DE MUDANÇA DE FERRAMENTA – CURVADORA ROTACIONAL	73
ANEXO D: TEMPOS DE MUDANÇA DE FERRAMENTA – CURVADORAS NOVAS	80
ANEXO E: TEMPOS DE MUDANÇA DE FERRAMENTA – CURVADORAS ANTIGAS.....	82
ANEXO F: TEMPOS DE MUDANÇA DE FERRAMENTA – BALANCÉS	85
ANEXO G: TEMPOS DE MUDANÇA DE FERRAMENTA – PRENSAS HIDRÁULICAS.....	87
ANEXO H: TAREFAS DAS MUDANÇAS DE FERRAMENTA (FÁBRICA DE TUBO).....	92
ANEXO I: CONVERSÃO DE TAREFAS (FÁBRICA DE TUBO)	96
ANEXO J: POUPANÇA DE TEMPO (FÁBRICA DE TUBO).....	100

Índice de Figuras

FIGURA 1 - PRINCÍPIOS DO LEAN MANUFACTURING [FONTE: GOOGLE].....	9
FIGURA 2 - ERROS DA LIDERANÇA [FONTE: KOTTER, 2007].....	11
FIGURA 3 – A CASA DO TPS [FONTE: GHINATO, 2000]	13
FIGURA 4 - RELAÇÃO COMPONENTES/PERDAS [ADAPTADO: BELLGRAN & SAFSTEN, 2009]	17
FIGURA 5 – DESCRIÇÃO DO TEMPO DE MUDANÇA DE FERRAMENTA [ADAPTADO: BRITO ET AL.,2017]	18
FIGURA 6 - MODELO SMED REVISTO [FONTE: FERRADÁS & SALONITIS, 2013]	20
FIGURA 7 – ALGUNS DOS PRODUTOS DA CICLO FAPRIL	24
FIGURA 8 – DUAS SUPERFÍCIES SOLDADAS [FONTE: GOOGLE]	24
FIGURA 9 - ORGANOGRAMA DA CICLO FAPRIL [FONTE: CICLO FAPRIL, 2018]	26
FIGURA 10 - FLUXO PRODUTIVO DA CICLO FAPRIL	27
FIGURA 11- ROBÔS E GABARITS DE SOLDADURA.....	28
FIGURA 12 - TUBOS COM SECÇÃO ABOCARDADA.....	33
FIGURA 13 - LAYOUT DA SECÇÃO DE SOLDADURA.....	33
FIGURA 14 - PRODUTIVIDADE DA FÁBRICA DE TUBO EM 2018.....	35
FIGURA 15 – PRINCIPAIS CAUSAS DE PARAGEM DOS ROBÔS DA SOLDADURA.....	37
FIGURA 16 - CAPITÃ DE EQUIPA (DIREITA) A AUXILIAR NA MUDANÇA	41
FIGURA 17 - CHECKLIST SOLDADURA	42
FIGURA 18 - PROPOSTA DE MELHORIA.....	48
FIGURA 19 - MESA DO ROBÔ ATUALMENTE	48
FIGURA 20 - TAMBOR E BOBINE DE FIO DE SOLDADURA	49
FIGURA 21 - LOCALIZAÇÃO DA ESTANTE DE ARMAZENAMENTO DE FIO DE SOLDADURA.....	49
FIGURA 22 - GANHOS GERAIS	54
FIGURA 23 - ROLO E VEIO (ESQUERDA) E CALÇOS (DIREITA)	55
FIGURA 24 - ROLOS COM DIÂMETRO INTERIOR DIFERENTE.....	55
FIGURA 25 - LAYOUT ATUAL ESTAMPAGEM E CURVATURA.....	57
FIGURA 26 - LAYOUT REMODELADO	59
FIGURA 27 – STACKER [FONTE: GOOGLE]	60
FIGURA 28 - SISTEMA DE ROLETOS INSERIDOS NAS CALHAS DA MESA DA PRENSA [FONTE: AGAB DIE LIFTERS].....	61
FIGURA 29 - MESA DE TRANSPORTE [FONTE: GOOGLE]	61

Índice de Tabelas

<i>TABELA 1 – FATORES DE SUCESSO DO LEAN MANUFACTURING [ADAPTADO: HAMID, 2011]</i>	10
<i>TABELA 2 – RELAÇÃO ENTRE AS 6 GRANDES PERDAS E OS FATORES DO OEE [ADAPTADO: NAKAJIMA, 1988]</i>	16
<i>TABELA 3 – FREQUÊNCIA DE PARAGENS NOS ROBÔS DE SOLDADURA</i>	36
<i>TABELA 4 – HORAS DE TRABALHO SEMANAL</i>	37
<i>TABELA 5 – PRODUÇÃO TOTAL EM 2018</i>	38
<i>TABELA 6 – VALORES DOS COMPONENTES DO OEE</i>	39
<i>TABELA 7 – TAREFAS BALANCÉS</i>	45
<i>TABELA 8 – PLANO DE ATIVIDADES BALANCÉS</i>	51
<i>TABELA 9 – TAREFAS CONVERTIDAS BALANCÉS</i>	52
<i>TABELA 10 – DISTÂNCIAS ATÉ AO ARMAZÉM DE FERRAMENTAS</i>	62
<i>TABELA 11 – GANHOS DE TEMPO NO TRANSPORTE DE FERRAMENTA</i>	62

Capítulo 1 – Introdução

1.1. Enquadramento

No âmbito da unidade curricular Estágio/Projeto/Dissertação, do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro, foi desenvolvido um estágio na empresa Ciclo Fapril.

O objetivo principal do projeto proposto consistiu em analisar formas de aumentar a produtividade e diminuir a taxa de incumprimento de encomendas.

1.2. O Projeto

A globalização veio colocar pressão nas organizações, no sentido da necessidade de mudarem para sobreviver. Perante este cenário, as organizações tiveram de aumentar a sua competitividade e rever a forma como conduziam os seus negócios e produziam os seus produtos. A Melhoria Contínua surge, por isso, como um dos grandes desafios ao longo da história económica. Estas melhorias surgem focadas no produto e como este é comercializado, sendo que outras se focam no processo e melhoria da produção (Womack et. al., 1990).

1.2.1. Motivação

A motivação para a realização deste estudo surge da necessidade que, neste caso, a Ciclo Fapril tem em encontrar soluções para elevar os seus índices de produtividade, sem que estas envolvam grandes custos. Associado à Melhoria Contínua, o conceito de *Lean Manufacturing* e as suas ferramentas surgem como uma hipótese interessante para suprir esta necessidade.

1.2.2. Desafio

A Ciclo Fapril é uma empresa metalomecânica com mais de 50 anos de atividade. Produz estruturas metálicas variadas, tendo como base tubos de metal. Tem capacidade para efetuar vários processos produtivos como soldadura, corte de tubo, curvatura de tubo, estampagem, entre outros. O desafio principal proposto consiste na identificação e aplicação das ferramentas associadas ao *Lean Manufacturing* e Melhoria Contínua com o intuito de aumentar os índices de produtividade nas diversas secções da fábrica e, consequentemente, facilitar o planeamento da produção.

Sendo a Melhoria Contínua, como o nome indica, um processo contínuo e insistente no que toca à melhoria da realidade existente, o objetivo a atingir com o trabalho descrito neste relatório passa, inicialmente, por definir propostas concretas de melhoria, para depois as ir sucessivamente implementando, controlando e melhorando com vista à redução da taxa de incumprimento de encomendas verificada.

Finalmente pretende-se observar uma redução da taxa de incumprimento verificada no último ano.

1.2.3. Metodologia Geral

A metodologia geral do projeto segue as etapas descritas a seguir:

a) Entrosamento

Estando o aumento de produtividade diretamente associado à aplicação da filosofia de Melhoria Contínua, o projeto implicou uma avaliação preliminar da realidade da empresa para posterior aplicação de ferramentas que se inserissem no contexto da indústria metalomecânica.

b) Caracterização complementar do projeto

Houve a necessidade da obtenção de informação complementar, por observação, consulta ou recolha, de maneira a definir o projeto. Estando o projeto definido, procedeu-se ao afunilamento do âmbito do projeto, de maneira a sugerir oportunidades de melhoria numa temática específica.

c) Pesquisa bibliográfica e informação adicional

À medida que o conhecimento relativamente a como tudo se processava na Ciclo Fapril ia normalizando, rapidamente se chegou à conclusão de que as temáticas do Lean Thinking e da Melhoria Contínua seriam o motor do trabalho a desenvolver. Foi feita alguma pesquisa relativamente a este tema e à sua aplicação efetiva nas empresas em geral, assim como as ferramentas associadas. Sendo uma realidade nova, foi também necessário pesquisar algumas das tecnologias envolvidas no processo produtivo, assim como alguns termos específicos da área.

d) Diagnóstico e prioridades

Feito o diagnóstico inicial, constatou-se que a Ciclo Fapril é dividida em várias áreas (Figura 1) e conta com vários processos produtivos. Porém, rapidamente se percebeu que existem duas áreas com maior relevância no desenvolvimento de produtos. Estas áreas são a Soldadura e o conjunto de zonas que engloba o Corte de Tubo, Curvatura e Estampagem, denominada Fábrica de Tubo. Desta forma, optou-se por centrar o estudo nessas áreas, de maneira a maximizar o efeito de possíveis melhorias sugeridas.

e) Desafio

O diagnóstico inicial feito nos primeiros meses permitiu concluir que o ano de 2018 fechou com uma elevada taxa de incumprimento de encomendas. O contacto com operadores e restantes trabalhadores permitiu também isolar as causas mais proeminentes para esta ocorrência. Porém essas causas revelaram-se muito generalizadas, sendo que uma ação mais focalizada seria necessária para começar a reverter este fenómeno.

Tendo isolado as áreas de estudo, o desafio que se apresentou foi idealizar uma intervenção que pudesse aumentar a produtividade, reduzindo a taxa de incumprimento das encomendas recebidas.

f) Metodologia de resolução

O trabalho inicial focou-se em determinar quais as máquinas com maior utilização em cada uma das áreas, tendo estas a maior probabilidade de estrangular a produção. Fez-se também um acompanhamento, durante cerca de dois meses, da produção nas duas áreas de estudo, de maneira

a ter uma noção das referências mais produzidas em cada uma das máquinas, assim como a quantidade de paragens não previstas e as causas adjacentes.

Paralelamente procedeu-se a análise do indicador OEE para os equipamentos destas áreas. O objetivo foi tentar reunir causas mais específicas para a dificuldade em cumprir de maneira consistente os prazos de entrega.

Rapidamente se observou que os componentes do indicador OEE, quer na Soldadura quer na Fábrica de Tubo se encontravam muito abaixo do esperado, sendo necessário, por isso, intervir principalmente sobre a produtividade em geral.

Sendo a Ciclo Fapril uma empresa que produz um mix de produtos muito elevado, existe também a necessidade de mudar várias vezes de ferramentas e, portanto, existe uma margem muito grande para ganhar tempo produtivo nestas mudanças.

Optou-se assim, por realizar uma análise SMED nas duas áreas em estudo, com o intuito de ganhar tempo produtivo, aumentando o tempo de abertura para o planeamento da produção e, possivelmente diminuindo a taxa de incumprimento de encomendas.

g) Desenvolvimento de soluções

As soluções de melhoria no que diz respeito à mudança de ferramentas nas áreas em estudo foram desenhadas e desenvolvidas com base em observações no chão de fábrica e com a cooperação dos responsáveis de cada área. Foram efetuadas medições de tempos de mudanças de ferramentas assim como a obtenção de outros dados relevantes para as propostas de melhorias apresentadas neste relatório.

h) Reflexão sobre os resultados

No final, importa refletir sobre o trabalho realizado, principalmente sobre as resoluções propostas, com vista a encontrar diretrizes para ações futuras sobre esta temática, constituindo por isso trabalho futuro.

1.3. Estrutura do Trabalho

Após este capítulo introdutório, no segundo capítulo foi desenvolvida uma revisão de literatura com uma série de conceitos relevantes para o projeto desenvolvido.

No terceiro capítulo, faz-se uma apresentação mais aprofundada da empresa em estudo, assim como do seu processo produtivo e de algumas dificuldades verificadas, finalizando com a definição dos objetivos a atingir e da metodologia de intervenção para a obtenção dos resultados.

No quarto capítulo apresentam-se os resultados obtidos.

Finalmente no quinto e último capítulo, faz-se uma reflexão crítica em relação ao trabalho em geral e identificam-se futuros desenvolvimentos.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica

Este capítulo serve como introdução a uma temática que pode acrescentar valor aos produtos, não só da Ciclo Fabril, mas de qualquer indústria. O *Lean Manufacturing* apresenta-se como uma solução para continuamente procurar maneiras de melhorar e otimizar processos.

São também apresentadas algumas ferramentas *Lean* que se incluem na realidade diária da Ciclo Fabril, assim como no trabalho realizado no âmbito deste projeto.

2.1. Conceito de Produtividade

A eficiência, várias vezes equiparada com a produtividade, resulta do quociente entre a produção e todos os recursos utilizados na mesma.

A cada indicador de produtividade calculado está associado um rácio entre duas quantidades (*input* e *output*). Ambas devem ser provenientes do mesmo processo, de maneira a que os seus valores sejam o mais fidedignos possível.

Ortiz (2006) afirma que a produtividade aumenta sempre que são produzidos mais produtos com os mesmos ou menos recursos associados. Os custos de produção vão estar associados à quantidade de material, mão-de-obra e equipamentos. O controlo e a gestão dos custos de produção apontam para o aumento da produtividade.

Existem, porém, algumas situações a evitar quando se quer melhorar a produtividade. No caso de uma organização conseguir reduzir a quantidade de recursos necessários para produzir um produto, mas o ritmo dos trabalhadores ser inadequado, isto pode-se traduzir numa redução da produtividade. A melhoria da produtividade passa por definir o trabalho de uma forma mais inteligente, eficaz e eficiente, através da otimização de todos os recursos e não trabalhando necessariamente mais rápido.

Porém ter operadores a mais alocados num determinado posto não é uma solução eficiente em termos de custos. Este número deve ser o mais reduzido e ponderado possível. Caso o serviço prestado por um operador deixe de ser necessário nesse mesmo posto, este pode concentrar-se em tarefas de “valor não acrescentado” (ou desperdício) como por exemplo, abastecimento de postos de trabalho, tarefas de preparação de trabalho, manutenção, entre outras. O objetivo é concentrar as fontes de desperdício num único operador, e transformar esse desperdício num aumento de

produtividade. Todas estas medidas de aumento de produtividade e redução de desperdício encaixam-se na mentalidade *Lean*, um conceito muito relevante nos dias de hoje.

2.2. *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* é um conceito que se tornou popular com a publicação de Womack et al (1990), e que demonstra a vantagem da indústria japonesa em relação à indústria europeia ou americana. O *Lean Production* surgiu como uma espécie de resposta por parte do ocidente ao *Lean Manufacturing* praticado pela Toyota, o *Toyota Production System* (TPS). O objetivo passa por reduzir custos operatórios sem valor acrescentado e ao mesmo tempo melhorar a flexibilidade perante flutuações da procura (Womack & Jones, 2003).

Foca-se essencialmente em eliminar tudo o que não acrescente valor ao produto final, com o objetivo de reduzir custos e agilizar a organização. Como o nome indica o próprio nome *Lean* (magro) *Manufacturing* (produção) refere-se a uma produção “magra” ou poupada (Womack & Jones, 2003).

Nos últimos tempos, o conceito tem-se difundido para áreas organizacionais fora da produção, tendo surgido o conceito de *Lean Thinking*, da difusão pelo meio organizacional da mentalidade de otimizar e poupar (Womack & Jones, 2003).

2.2.1. Princípios do *Lean Manufacturing*

Desde do início da propagação do *Lean Manufacturing* pelas organizações, a sua implementação tem sido cada vez mais normalizada, tendo surgido ao longo do tempo princípios base que têm como principal função facilitar a produção com valor acrescentado, eliminando desperdícios. Estes princípios foram organizados e sequenciados, dando origem aos cinco princípios do *Lean Manufacturing* (Figura 2). Estes têm como objetivo servir como linha orientadora para a implementação do *Lean* nas organizações (Womack & Jones, 2003).



Figura 1 - Princípios do Lean Manufacturing [Fonte: Google]

Os princípios do *Lean* baseiam-se assim na definição de valor e do fluxo que gera esse valor, seguindo-se a otimização desse fluxo ao eliminar desperdícios. O alinhamento deste fluxo vai facilitar a sincronização da produção com a procura, sendo o cliente a puxar (*Pull*) a produção (Womack & Jones, 2003).

Aliado a isto tem de existir sempre uma mentalidade de Melhoria Contínua, de busca continuada dos meios ideais para a criação de valor ao eliminar desperdício (Womack & Jones, 2003). De forma resumida, estes princípios apresentados por Womack & Jones (2003) definem-se da seguinte maneira:

1 – Valor

O valor indica o que o cliente necessita e quanto está disposto a pagar por essa necessidade.

2 - Cadeia de Valor

Como o nome indica, a cadeia de valor refere-se à sequência de processos inerentes ao desenvolvimento, produção e entrega dos produtos que satisfazem as necessidades dos clientes.

3 – Fluxo

Ao criar-se um fluxo pretende-se evitar a acumulação de material em espera para ser trabalhado, algo que provocaria desperdícios de tempo, ocupação ineficiente de espaço e acumulação excessiva de stock. O objetivo final traduz-se então na redução do *lead time* associado à produção dos produtos.

4 - Alinhamento da produção com a procura

Com o alinhamento da produção com a procura, o objetivo passa por produzir as quantidades estritamente necessárias quando solicitadas pelo cliente

5 – Melhoria Contínua

Ao serem aplicados os princípios *Lean Manufacturing* anteriormente descritos, a organização tem que se comprometer a procurar continuamente meios para criar valor nos seus produtos, ao mesmo tempo que elimina desperdícios. Para isso, os processos produtivos têm de ser transparentes, de maneira a que todos os intervenientes da cadeia de valor tenham um conhecimento profundo destes. Desta maneira são facilitados o diálogo e a troca de ideias entre todos, com o objetivo contínuo de criar valor.

2.2.2. Papel da Liderança

Hoje em dia, em qualquer organização o envolvimento dos gestores de topo assume lugar de destaque. Ao entrar na área de implementação do *Lean Manufacturing* não só a gestão de topo assume esse papel, mas também os colaboradores que trabalham diariamente para o sucesso da implementação (Alefari et al., 2003). O sucesso da implementação do *Lean Manufacturing* nas organizações depende de vários fatores. Hamid (2011) identificou oito fatores internos e dois fatores externos (Tabela 1):

Tabela 1– Fatores de sucesso do Lean Manufacturing [Adaptado: Hamid, 2011]

Fatores Internos	Fatores Externos
<ul style="list-style-type: none"> • Gestão de topo • Treinar e Educar • Desenvolvimento do Pensamento • Colaboradores • Mentalidade de Trabalho • Comunicação • Recursos • Planeamento 	<ul style="list-style-type: none"> • Foco no cliente • Intervenção Governamental

Tendo em conta estes fatores e vários estudos realizados relativamente à implementação do *Lean Manufacturing*, o fator “gestão de topo” aparece sempre destacado, independentemente de se estar a referir a pequenas ou grande organizações.

O papel da gestão de topo aparece assim no desenvolvimento de uma visão clara do que se pretende implementar, ao mesmo tempo que assegura recursos financeiros suficientes e liderança estratégica (Alefari et al., 2003).

Porém, a implementação do *Lean Manufacturing* numa organização não pode ser vista como um projeto único, mas sim como um processo contínuo e que terá impacto não só nos processos, mas também nas pessoas. Um dos maiores desafios desta implementação acaba por ser conseguir manter a mudança no rumo certo, e esta tarefa cabe à gestão de topo (Alefari et al., 2003).

Kotter (2007) realizou estudos relativamente às causas de projetos *Lean* falhados, tendo resumido oito pontos críticos para isto acontecer, como se mostra na Figura 3.

Erros da Liderança que dificultam a mudança
1. Falta de sentido de urgência para realizar as ações de melhoria, ou permitir muita complacência
2. Falta de guidelines relativamente ao processo envolvido
3. Falta de visão ou subestimar o poder da visão
4. Falta de skills de comunicação
5. Não cria objetivos a curto prazo
6. Declarar vitória/sucesso cedo de mais
7. Falta de perseverança
8. Não ter em conta o fator cultural na empresa

Figura 2 - Erros da liderança [Fonte: Kotter, 2007]

Regressando aos primórdios do *Lean Manufacturing*, a Toyota sempre apostou no desenvolvimento de novos líderes para o *Lean*. De acordo com Liker & Convis (2012), estes líderes sempre se fundamentaram nos seguintes valores: vontade de melhorar sempre (*Kaizen*), processos baseados no conhecimento, promover o trabalho de equipa e promover o respeito mútuo

Finalmente, Alefari et al. (2003) propõem quatro tarefas de um gestor de topo, aquando da implementação do *Lean Manufacturing*.

Empenho na implementação

A falta de resultados a curto prazo esmorece o entusiasmo da mudança e o empenho dos gestores de topo muitas vezes diminui. Dai a importância dos gestores intermédios e operadores, que são realmente quem aplica o *Lean* e quem trabalha com as ferramentas Lean diariamente. Têm por isso a tarefa de ir atualizando a gestão de topo em relação aos progressos alcançados.

Estilo de Liderança

Van Dun et al. (2016) afirmam que hoje em dia, um líder *Lean* deve apresentar características comportamentais de liderança transicional e transformacional. É fácil entender que um líder que possua ambas as características acima referidas se apresente como o líder ideal para a implementação de um projeto de *Lean Manufacturing*.

Porém nem todas as pessoas tem a capacidade de liderar, e esta necessidade de desempenhar vários papéis pode se verificar complicada. Ainda assim, estas pessoas são necessárias e daqui surge a noção de distribuição de liderança, onde os papéis a desempenhar são delegados pela gestão de topo, indo estes complementar o trabalho do líder (Alefari et al., 2003).

Envolver e Desenvolver os colaboradores

Como foi referido anteriormente, o envolvimento dos colaboradores na implementação do *Lean* é de importância extrema. Este envolvimento normalmente ocorre de forma hierárquica, onde os gestores de topo abordam os gestores intermédios e os gestores intermédios vão lidar diretamente com os colaboradores do chão de fábrica (Alefari et al., 2003).

2.2.3. Os Pilares do *Lean Manufacturing*

Foram desenvolvidas um grande número de ferramentas e técnicas para apoiar a filosofia *Lean*, de forma a facilitar a implementação da mudança nas organizações. Muitas delas provêm do *Toyota Production System*, ou TPS (Figura 4) (Womack & Jones, 2003).

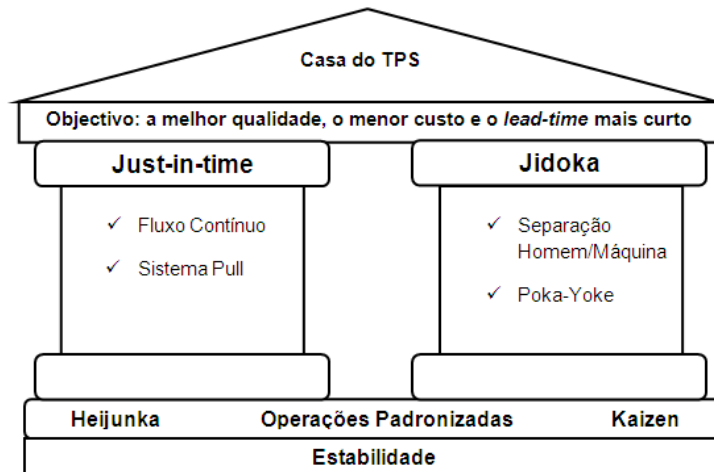


Figura 3 – A Casa do TPS [Fonte: Ghinato, 2000]

O *Lean Manufacturing* não pode ser só um conjunto de ferramentas de produção “*Lean*”, mas um sistema integrado de todas as partes que contribuem para o todo. Por sua vez, este todo tem como base o estímulo das pessoas para melhorar continuamente o seu método de trabalho. As ferramentas não fazem sentido quando as pessoas não se envolvem (Liker, 2004).

A redução da variabilidade, ou *Heijunka*, a normalização operacional e a compreensão inequívoca da filosofia *Lean* são elementos onde a Casa do TPS tem necessariamente de assentar. As pessoas que “habitam a casa” têm de adotar uma cultura de Melhoria Contínua (*Kaizen*), com o objetivo de aumentar a eficiência organizacional através da redução do desperdício, e com a finalidade de atingir a excelência organizacional através do incremento dos índices de qualidade e satisfação do cliente (Liker, 2004).

O *Lean* tem subjacente a manutenção de um fluxo contínuo de produtos que se possa adaptar a alterações da procura. Para isso, o *Lean* assenta em dois pilares: o *Just-in-Time* e *Jidoka*. Ambos se encontram representados na Casa do TPS.

2.3. Ferramentas *Lean*

2.3.1. TPM

O *Total Productive Maintenance* (TPM) surgiu o início da década de 70, por Seiichi Nakajima. O TPM tem como principal objetivo criar uma relação entre a manutenção e a produtividade, mostrando

como a manutenção de equipamentos resulta em maior produtividade. Nakajima (1988) defende que este conceito leva a que as organizações adotem uma filosofia contínua e progressiva por parte de todos os recursos humanos com o objetivo mútuo de alcançar a eficiência produtiva.

A sinergia resultante da interação de todos os recursos humanos leva a uma manutenção dos equipamentos mais eficiente, procurando-se eliminar avarias e promover a manutenção diária por parte do operador diretamente ligado ao equipamento, com a vantagem de que este conhece pormenores do equipamento que outras pessoas podem não estar a par.

Segundo Nakajima (1988), existem três características importantes do TPM:

Eficácia total – procura contínua pela eficácia económica ou rentabilidade, baseada na manutenção preventiva e preditiva;

Manutenção preventiva total – prevenção da manutenção ou manutenção preventiva, entende-se pelo estabelecimento de um plano de manutenção para a toda a vida útil dos equipamentos, que inclui a prevenção da manutenção;

Participação total – manutenção autónoma realizada pelos operadores ou em pequenos grupos, em cada nível e em cada departamento, característica exclusiva do TPM.

Nakajima (1988) define também como principais objetivos do TPM os seguintes:

- Maximizar a eficiência e eficácia dos equipamentos (*OEE – Overall Equipment Efficiency*);
- Desenvolver um sistema de manutenção preventiva para a vida útil dos equipamentos, através da criação de uma meta de ações preventivas e preditivas, com o intuito de atingir os seguintes objetivos: zero acidentes, zero defeitos e zero falhas;
- Envolver na implementação do TPM os departamentos que planeiam, projetam e executam a manutenção dos equipamentos;
- Envolver todos os colaboradores da empresa, desde os membros da direção ao mais baixo nível hierárquico da mesma;
- Utilizar a gestão da motivação como forma de promover a TPM, realizando atividades autónomas em pequenos grupos.

No âmbito do TPM é utilizado o *Overall Equipment Efficiency* (OEE).

2.3.2. Overall Equipment Efficiency – OEE

O OEE é um indicador originalmente definido por Nakajima, e é fundamental não só por avaliar a eficiência de um determinado equipamento, mas também por permitir uma análise detalhada de todas as perdas através do desdobramento do seu cálculo, permitindo medir e melhorar o processo produtivo.

O cálculo baseia-se em três fatores tidos em conta no OEE: a **Eficiência**, a **Disponibilidade** e a **Qualidade**.

O resultado do cálculo traduz-se numa percentagem e é dado por:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Eficiência} \times \text{Qualidade}$$

Como foi mencionado, o ponto de partida para o alcance da eficiência global é a identificação das perdas dos equipamentos, pois esta permite-nos identificar a raiz dos problemas atuando sobre a mesma, com o intuito de restabelecer as condições de eficiência máxima de funcionamento (Nakajima, 1988).

Nakajima (1988) definiu as seis principais perdas nos equipamentos com influência direta sobre a produtividade:

- **Falhas/avarias** – o equipamento fica indisponível por determinado período de tempo, até que se consiga repor a condição inicial de funcionamento;
- **Setups e afinações** – tipicamente associadas a mudanças de produtos;
- **Pequenas paragens** – definidas originalmente pela palavra japonesa *Chokotei*, dizem respeito a interrupções nos ciclos dos equipamentos provocadas por quebras intermitentes nas linhas de produção, resultando em paragens e arranques constantes;
- **Redução de velocidade** – caracteriza-se pela diferença entre a velocidade real e a teórica (velocidade real inferior à teórica). Ocorre quando a velocidade de trabalho do equipamento é reduzida de forma a encobrir as reais causas do problema, sem que se pare o equipamento;
- **Defeitos/retrabalho** – relativas à produção de produto não conforme, causadas pelo mau funcionamento dos equipamentos;
- **Perdas no arranque** – relacionadas com as restrições técnicas de alguns equipamentos, que obrigam à ocorrência de determinado período de tempo até à estabilização das condições de produção na altura do arranque;

Estas 6 perdas relacionam-se com os três fatores de cálculo do OEE, como demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Relação entre as 6 grandes perdas e os fatores do OEE [Adaptado: Nakajima, 1988]

Seis Grandes Perdas	Tipos de Perdas	Fatores do OEE
Falha/Avaria	Perdas de Disponibilidade	Disponibilidade
Setups/Afinações		
Pequenas Paragens	Perdas de Velocidade	Eficiência
Redução da Velocidade		
Defeitos/Retrabalho	Perdas de Qualidade	Qualidade
Perdas no Arranque		

As organizações beneficiam muito se possuírem a ambição de elevar continuamente o OEE dos seus equipamentos, assim como os fatores associados ao OEE. Nakajima (1988) sugere os seguintes valores para os diferentes componentes:

- Disponibilidade – 90%;
- Eficiência – 95%;
- Qualidade – 99%;
- OEE – 85%;

Porém, tendo em conta os diferentes ambientes organizacionais, torna-se difícil cumprir rigorosamente estes valores, assim como estabelecer um valor padrão para o OEE.

De acordo com Tsarouhas (2007), os valores dos fatores do OEE permitem identificar fraquezas no sistema produtivo. Daqui surge a importância de se analisar não só o valor do OEE, mas também dos índices que o constituem.

Na Figura 5 podem-se observar todas as etapas até se obter o tempo de produção efetivo do equipamento.



Figura 4 - Relação Componentes/Perdas [Adaptado: Bellgran & Safsten, 2009]

Disponibilidade

A disponibilidade de um equipamento está relacionada com a quantidade de tempo que este se encontra disponível para produzir, permitindo medir o total das perdas de tempo por inatividade. Este índice é calculado da seguinte forma (Adaptado: Bellgran & Safsten, 2009):

$$\text{Disponibilidade} = \text{Tempo de Abertura Efetivo} / \text{Tempo de Abertura Planeado}$$

Eficiência

A eficiência com que o equipamento transforma *input* em *output*, comparando o tempo de produção real com o teórico. Este índice é calculado da seguinte forma (Adaptado: Bellgran & Safsten, 2009):

$$\text{Eficiência} = \text{Nº Total de Produtos Produzidos} / (\text{Tempo de Abertura Efetivo} / \text{Tempo de ciclo Ideal})$$

O tempo de ciclo ideal utilizado na fórmula de cálculo do índice eficiência diz respeito ao tempo de ciclo mínimo que é esperado atingir, para determinado processo produtivo, em circunstâncias ótimas de funcionamento.

Qualidade

O índice da qualidade tem em consideração a taxa de produtos rejeitados devido a defeitos de qualidade e calcula-se da seguinte forma (Adaptado: Bellgran & Safsten, 2009):

$$\text{Qualidade} = \text{Nº de Produtos Bons} / \text{Nº Total de Produtos}$$

2.3.3 Single Minute Exchange of Die – SMED

Hoje em dia, os clientes exigem uma elevada variedade de produtos, e esperam sempre soluções com qualidade, preços razoáveis e entregas atempadas (Ferradás & Salonitis, 2013). A Melhoria Contínua falada nos subcapítulos anteriores apresenta-se como o modo de garantir que essas exigências vão tentando ser cumpridas continuamente.

Dada a variabilidade de produtos exigida, as empresas vêem-se obrigadas a produzir lotes mais pequenos para cumprir as encomendas, o que por sua vez vai gerar mudanças mais frequentes de ferramentas nos equipamentos (Ferradás & Salonitis, 2013).

Para suprir esta necessidade, o método SMED apresenta-se como uma ferramenta efetiva para assegurar uma mudança rápida e eficiente da produção de um produto para o próximo.

A metodologia SMED surgiu através de Shingeo Shingo, no início da década de 60, quando este pretendia calcular a quantidade ideal de produtos que cada lote deveria ter de maneira a reduzir os custos (Shingo, 2000).

Na metodologia SMED (Figura 6), entende-se por tempo de mudança de ferramenta (ou tempo de setup) como o tempo entre a última peça boa produzida do produto anterior e primeira peça boa produzida do produto seguinte (Karam et al., 2017).

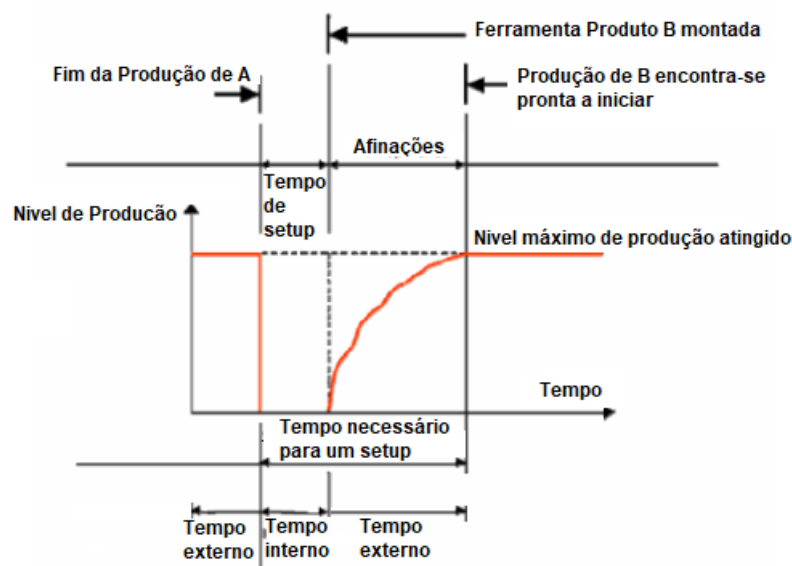


Figura 5 – Descrição do tempo de mudança de ferramenta [Adaptado: Brito et al., 2017]

Shingo (2000) afirmava que o SMED podia ser considerado “uma aproximação científica à temática da redução dos tempos de *setup* que podia ser aplicada em qualquer indústria ou equipamento”. Este baseava os seus métodos em diferenciar todas as atividades envolvidas nas mudanças de ferramentas em tarefas internas ou externas.

As tarefas internas consistem em tarefas que só podem ser executadas quando o equipamento está desligado enquanto que as externas podem ser executadas com o equipamento ligado (Figura 6).

Shingo (2000) definiu então quatro etapas para a sua metodologia SMED:

- Etapla preliminar onde ainda não há uma distinção entre tarefas internas ou externas;
- Primeira etapa onde acontece a separação das tarefas em internas ou externas;
- Segunda etapa onde as tarefas internas são convertidas em tarefas externas;
- Terceira etapa onde o objetivo é agilizar ao máximo todos os aspetos relacionados com as operações de *setup*;

Contudo, apesar do SMED ser conhecido há mais de 30 anos e existirem vários casos de sucesso, existem casos de insucesso. Algumas organizações dão demasiada ênfase em tornar atividades internas e externas e desvalorizam a questão de agilizar ou mesmo eliminar algumas operações relacionadas com o *setup* (Ferradás & Salonitis, 2013).

Aqui é exposta uma fragilidade do modelo apresentado por Shingo (2000), uma vez que este modelo se foca exclusivamente em melhorias organizacionais e não contempla melhorias relativamente aos equipamentos e ferramentas (Reik et al., 2006).

Existe a questão de o método SMED englobar apenas o *setup* realizado só por um operador numa só máquina quando na prática pode haver necessidade de implementação do método numa linha de produção com vários operadores, sendo que o cálculo do tempo de *setup* não é claro nesta situação (Sherali et al., 2008).

Gest et al. (1995) refere também a importância da análise do processo de troca de ferramenta, o treino de uma equipa de melhoria do processo, assim como a definição das responsabilidades e escolha dos membros certos para essa equipa.

Os autores Ferradás & Salonitis (2013) propuseram uma remodelação do modelo SMED original (Figura 7), baseado no modelo proposto anteriormente por McIntosh et al. (2001). O objetivo passa por colmatar algumas das limitações do modelo original de Shingo Shingo.

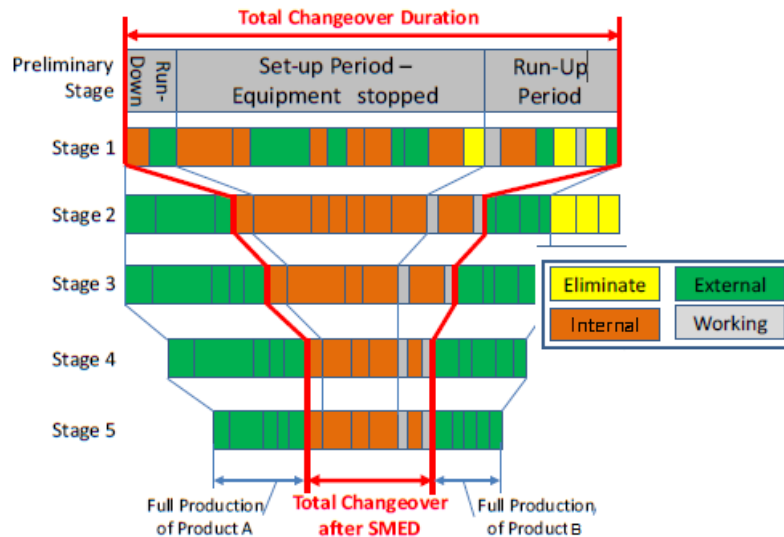


Figura 6 - Modelo SMED revisado [Fonte: Ferradás & Salonitis, 2013]

Este novo modelo consiste em 5 fases:

1ª Fase – Classificar atividades como Internas, Externas ou a Eliminar

Durante a primeira fase, todas as atividades têm de ser classificadas como executáveis ou não, enquanto o equipamento se encontra em funcionamento. Estas podem ser classificadas usando gravações de vídeo ou mesmo falando com os operadores. Os períodos de “Run-Down” ou fim de produção, Setup e “Run-up” ou afinações, como demonstrado na Figura 7 em cima, também têm de ser definidos.

2ª Fase – Separar atividades Internas das Externas. Eliminar atividades não necessárias

As atividades externas devem ser movidas para o fim ou para o início da mudança de ferramenta: ou se distribui as tarefas pelos operadores responsáveis pela mudança ou então pode-se proceder à atribuição das tarefas a um único operador denominado “operador externo”. Desta maneira reduz-se o desperdício de tempo através de movimentações e transportes desnecessários.

De seguida as tarefas internas devem ser estandardizadas e balanceadas pelos operadores responsáveis pela mudança. Estes operadores devem receber treino para se acostumarem à nova metodologia. Atividades de valor não acrescentado devem ser eliminadas.

Algumas técnicas sugeridas para esta fase incluem a realização de uma *checklist* com as atividades a cumprir antes, durante e depois da mudança, de maneira a poder haver um controlo mais apertado, assim como a conjugação do programa 5S com o desenho do *layout*, de maneira a garantir que os operadores dispõem de todas as ferramentas na hora da mudança.

3ª Fase – Converter atividades internas para atividades externas

De acordo com Shingo (1985) esta fase envolve duas tarefas: análise detalhada das atividades internas para detetar suposições erradas e pesquisar novas formas de tornar estas atividades em atividades externas. Algumas técnicas para esta fase envolvem a standardização das ferramentas de trabalho e a utilização de gabarits intermédios.

4ª Fase – Agilizar e reduzir as atividades internas

O objetivo nesta fase passa exclusivamente por otimizar todas as atividades internas. Shingo (1985) sugere algumas técnicas como implementar operações paralelas, usar abraçadeiras funcionais, aumentar a mecanização de diferentes componentes dos equipamentos, reduzir os ajustes necessários para o mínimo possível e desenhar novas ferramentas que apoiem nas atividades internas.

Esta fase pode envolver alguns custos e, portanto, as medidas a implementar devem ser cuidadosamente estudadas em relação ao custo/benefício.

5ª Fase – Agilizar e reduzir as atividades externas

Esta fase representa a principal diferença entre o modelo SMED para a indústria e o modelo SMED original. O propósito de dividir a 4ª fase da 5ª fase é garantir que as organizações inicialmente concentram todos os seus recursos em reduzir as atividades internas antes de atuarem sobre as atividades externas. As atividades externas não afetam o tempo de *setup* uma vez que são realizadas antes e depois do equipamento estar parado.

Por fim, é sugerida por Ferradás & Salonitis (2013) uma fórmula que permite calcular a poupança anual após a implementação do SMED:

$$\text{Poupança Anual} = 12 \times (\text{N}^\circ \text{ de mudanças/mês}) \times (\text{Tempo Poupado}) \times (\text{Custo de Trabalho}) \times (\text{N}^\circ \text{ de operadores})$$

Capítulo 3 – A produtividade da Ciclo Fapril S.A

3.1. Informação Geral

A Ciclo Fapril foi fundada por António Serafim e iniciou a sua atividade em 1965, utilizando a via metalúrgica para a produção de estruturas metálicas. Inicialmente, o objetivo era satisfazer necessidades na área das bicicletas e motos em Portugal. Nos anos 70, com a instalação da indústria automóvel em Portugal, os esforços da Ciclo Fapril começaram a divergir para outras áreas, tendo evoluído para outros setores ao longo dos anos, fornecendo sempre estruturas metálicas. Hoje em dia, a flexibilidade e a diversidade de soluções a oferecer são fatores críticos numa empresa que se caracteriza pela constante procura da satisfação integral do cliente, preços competitivos, qualidade e cumprimento de prazos.

Atualmente, a Ciclo Fapril ocupa uma área total de 48000 m² e situa-se na cidade de Águeda, freguesia de Aguada de Cima, e é a sede de um grupo de seis empresas que trabalham em conjunto com o objetivo de possuir todas as operações necessárias para a conformação dos produtos sem recorrer a trabalho externo ao grupo. Neste momento, a Ciclo Fapril emprega cerca de 300 colaboradores. Atualmente pode-se observar um igual número de homens e mulheres. Porém, a média de idades tem vindo a baixar nos últimos anos, sendo que a Ciclo Fapril se encontra a tentar rejuvenescer a sua equipa, com várias pessoas jovens a serem admitidas para os mais diversos cargos. Relativamente à escolaridade dos colaboradores, observa-se também alguma disparidade, verificando-se várias pessoas sem o 12º ano ou mesmo o 9º ano. Só cerca de 10% dos colaboradores apresentam um curso superior. O nicho da Ciclo Fapril é, não só a produção de pequenas séries de produtos, mas também médias ou grandes séries, tendo por isso a capacidade de se adaptar consoante os pedidos dos clientes. Os seus produtos consistem em estruturas metálicas de camas de hospital, guiadores de motos, quadros de bicicletas, estruturas estanques aplicadas a sistemas de aquecimento de água, entre outras (Figura 8).



Figura 7 – Alguns dos produtos da Ciclo Fapril

A atividade principal da Ciclo Fapril é a operação de soldadura. A soldadura pode ser considerada um processo de fabrico que liga materiais, normalmente termoplásticos ou metais, usando altas temperaturas para fundir as superfícies ligantes de ambos e deixando-as solidificar juntas (Figura 9). Além de fundir as superfícies ligantes, é necessário haver um elemento ligante, denominado metal de fusão, que funciona como “cola” entre as duas superfícies, que vai garantir que estas ficam devidamente ligadas.



Figura 8 – Duas superfícies soldadas [Fonte: Google]

As matérias primas utilizadas pela Ciclo Fapril são essencialmente tubos de vários tipos de metal, de perfil circular, retangular ou quadrado, provenientes essencialmente de Espanha. Existe também a necessidade de adquirir material complementar que irá ficar armazenado no armazém intermédio, e que servirá para alimentar a operação de soldadura, além da matéria prima principal. Este material

consiste em pernos, casquilhos, chapas variadas, entre outros, e é material constituinte das estruturas metálicas finais a ser enviadas ao cliente. Os fornecedores do material complementar necessário fazem parte do grupo de empresas inseridas no grupo Ciclo Fapril.

A Ciclo Fapril exporta 95% da sua produção, tendo como principais mercados França e Espanha. Possui escritórios de representação comercial em França. A Ciclo Fapril exporta também para a Holanda, República Checa, Alemanha, Reino Unido, Turquia, China, Estados Unidos da América, México e Brasil.

A Ciclo Fapril faturou cerca de vinte e dois milhões de euros no ano de 2018 e tem perspectivas de aumentar esse valor para trinta milhões de euros no ano de 2019.

A Ciclo Fapril é uma empresa certificada. O seu sistema de gestão da qualidade e gestão ambiental é certificado segundo as normas ISO9001 e ISO14001, respetivamente, e possui o certificado de Soldadura EN1090-1 e EN15085-2, para os processos de soldadura por plasma e soldadura por arco com fio adequado ao metal base e para a produção geral de componentes em ferroviários.

A Ciclo Fapril encontra-se organizada em 4 níveis funcionais: o Conselho de Administração, a Administração Executiva, Coordenações e Direções. A estrutura é descrita no Organograma na Figura 10.

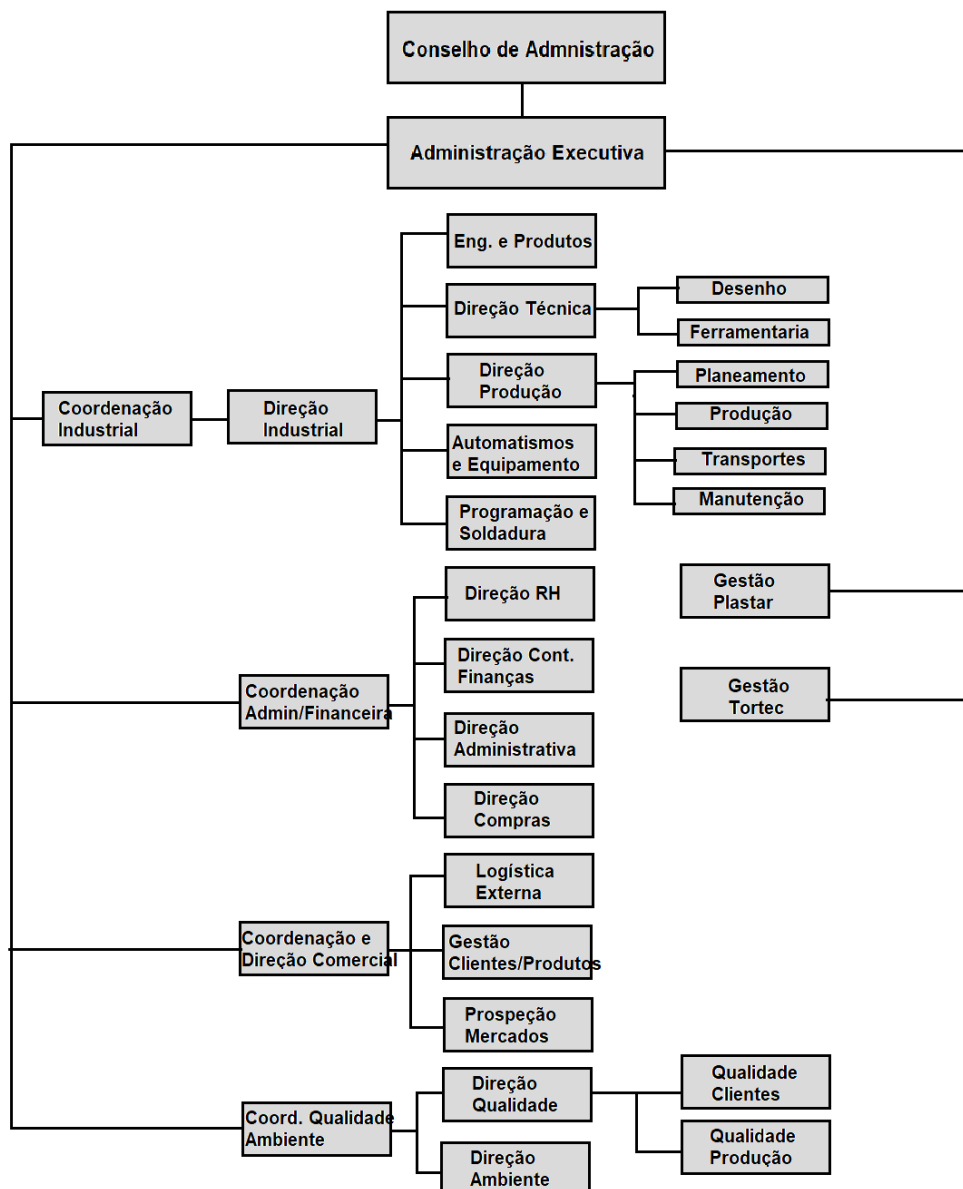


Figura 9 - Organograma da Ciclo Fapril [Fonte: Ciclo Fapril, 2018]

De notar que a Ciclo Fapril é responsável pela administração das unidades fabris Tortec e Platar, como se mostra no organograma da Figura 10, ambas unidades fabris do grupo do qual a Ciclo Fapril é a sede.

Enquadrando o trabalho realizado neste projeto com o organograma da empresa, este insere-se essencialmente na direção da produção, nomeadamente nas áreas do planeamento e

produção, e também na secção de programação e soldadura. Tudo isto é orientado pela Diretora Industrial da Ciclo Fapril, orientadora interna deste projeto.

3.2. Processo produtivo

O processo produtivo da Ciclo Fapril caracteriza-se pela conjugação de 4 fases principais: corte a serrote ou laser da matéria prima em forma de tubo consoante as medidas e características pretendidas pelo cliente, curvatura e/ou estampagem dos tubos previamente cortados, soldadura de um conjunto de tubos previamente curvados e/ou estampados e, finalmente, se necessário, uma operação final de acabamento como por exemplo zincagem. Existem algumas operações, que apesar de complementares, também vão acrescentar valor ao produto final. São elas a maquinação CNC, onde se realizam operações como torneamento ou fresagem, e a secção de polimentos ou polissagem. Na Figura 11 pode-se observar o fluxo produtivo da Ciclo Fapril.

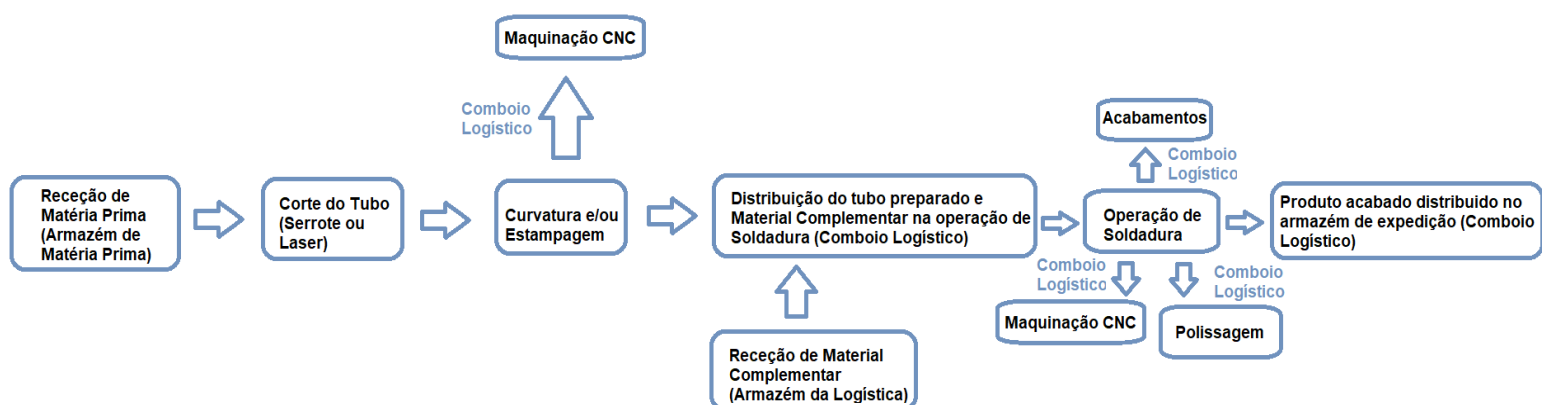


Figura 10 - Fluxo produtivo da Ciclo Fapril

A matéria prima, como referido, são tubos metálicos. Estes tubos podem ser de Ferro, Inox, Alumínio, Latão ou Cobre. Consoante o tipo de perfil do corte ou características necessárias, o tubo em bruto irá ser carregado no serrote ou laser. Os tubos podem ser de secção circular, quadrada ou retangular. Os fardos de tubos são carregados diretamente no alimentador das máquinas de corte com auxílio de guindastes controlados pelo operador.

Comparando a utilização do serrote ou laser, o serrote apresenta alguma versatilidade pois corta qualquer tipo de metal, à exceção do alumínio. Só tem capacidade de efetuar cortes de perfis retos. Porém muitos produtos possuem tubos com cortes retos e, portanto, a sua utilização é crucial. O laser

vai ser capaz de efetuar cortes de perfil não reto e, portanto, tem a capacidade de dar formas e detalhes complexos aos tubos.

Após o corte, o tubo pode já estar pronto para a operação de soldadura, sendo por isso recolhido pela logística e armazenado até ser necessário. Porém, a norma é estes tubos cortados necessitarem de alguma operação de curvatura e/ou estampagem (Figura 11). Nesta secção, existem atualmente 5 máquinas de curvar tubo e 6 prensas, sendo 3 delas mecânicas (Balancés) e 3 hidráulicas. Existem também outras máquinas auxiliares.

Os furos realizados na operação de estampagem podem não ter a precisão necessária e por vezes, os tubos têm de seguir para a maquinação CNC, onde se conseguem atingir precisões maiores.

Concluídas as operações de curvatura e estampagem, o material está pronto para soldar, sendo recolhido pela logística e distribuído nos robôs de soldadura, conforme o planeamento da produção.

A Ciclo Fapril possui neste momento 25 robôs de soldadura (Figura 12), um posto de soldadura a oxiacetileno e 4 postos de soldadura manual que têm como função retocar produtos que saiam mal soldados dos robôs de soldadura. Estes robôs de soldadura desempenham diferentes tecnologias de soldadura como MIG/MAG, plasma ou laser. Existem ainda alguns postos de soldadura por resistência que têm como função fazer soldas pequenas, como por exemplo de pernos ou rebites.



Figura 11- Robôs e gabarits de soldadura

Após todos os componentes estarem soldados e a estrutura da peça final conformada, este podem voltar a necessitar de maquinação CNC, no caso de ser necessário alargar alguma cota alterada pela soldadura. Pode também haver necessidade de polir a peça para limpar imperfeições, ou mesmo retificar alguma cota menos precisa, antes destas seguirem para a secção de acabamentos. Alguns

destes acabamentos são realizados na Ciclo Fapril (zincagem por exemplo) e outros em outras empresas do grupo especializadas (pintura das peças, por exemplo). Independentemente de onde são realizados os acabamentos, os produtos vão ser expedidos da Ciclo Fapril para o cliente.

A Ciclo Fapril é cliente de longa data dos fornecedores de tubo, e, e por isso, alguma flexibilidade é possível nos fornecimentos, assim como a redução de muitos dos custos associados à aquisição do material necessário. Tenta, por isso, manter o nível de stock sempre em valores mínimos, tentando por isso trabalhar numa lógica tipo JIT (*Just in Time*) e portanto, existe a necessidade de controlo constante de níveis de stock e de previsões da procura por parte dos clientes de maneira a não haver nem rutura de stocks ou stocks não planeados, tanto a nível de tubo como de material complementar, sendo que ambos podem parar a produção durante tempo indefinido. Dadas estas necessidades, a aposta no *Lean Thinking* tem sido muito forte nos últimos anos, havendo já uma mentalidade muito direcionada para a Melhoria Contínua e um empenho generalizado de todos os envolvidos.

Relativamente à Fábrica de Tubo (corte, estampagem e curvatura), verificaram-se algumas dificuldades no chão de fábrica, por parte dos colaboradores, nomeadamente no que respeita à repetibilidade e peso de alguns dos trabalhos e condições térmicas desfavoráveis pois, não tendo o pavilhão as condições de isolamento térmico mais adequadas, as temperaturas no seu interior são bastantes baixas nos meses de inverno e o oposto nos de verão; a existência de portões que têm que ser abertos com frequência para passagem de empilhadores agudiza esta situação no inverno. Em suma, este desconforto térmico influencia bastante o rendimento no trabalho e a produtividade em geral. Verificou-se também um problema de planeamento de produção e de gestão de pessoas no que diz respeito à mudança de ferramentas nesta área da fábrica. Quando há necessidade de mudança de ferramenta tanto nas prensas como na curvadoras, esta mudança ocorre somente no turno da manhã e pontualmente durante a tarde, devido à inexistência de alguém com conhecimento técnico para as efetuar. O que acontece muitas vezes é que muitas vezes a máquina está a mudar ferramenta durante a manhã e só vai produzir da parte da tarde, estando o restante tempo parada.

Na Soldadura, o principal problema verificado foi o planeamento da produção, nomeadamente do lançamento de ordens de fabrico e planeamento do trabalho dos robôs. Isolaram-se alguns fatores, que acabou por se verificar serem generalizados à fábrica toda, e que estão por trás desta dificuldade em planear eficazmente a produção, o que acaba por contribuir em grande parte para a taxa de incumprimento verificada. Estes são apresentados de seguida:

- **Alterações no plano de produção**

Como foi mencionado anteriormente, uma das propostas de valor apresentadas pela Ciclo Fapril é o compromisso de flexibilidade que assegura as encomendas dos clientes. Num mundo em constante globalização e com competição cada vez mais forte, a flexibilidade apresenta-se como uma característica muito importante deste tipo de organização, pois permite que esta se adapte da melhor forma à diversidade de produtos exigidos, às pequenas quantidades e prazos de entrega normalmente muito reduzidos.

Porém, no caso da Ciclo Fapril, foi constatado que atualmente existem algumas dificuldades em lidar e garantir esta flexibilidade, por diversos fatores, desde o planeamento à gestão de recursos humanos.

A Ciclo Fapril tem atualmente uma carteira de cerca de 40 clientes, alguns com estatuto de “cliente Premium”, dada a sua longa relação comercial e volume de negócios, sendo responsáveis por elevada percentagem dos lucros anuais da empresa. Com estes clientes a Ciclo Fapril tem assinados contratos que asseguram uma flexibilidade acrescida e que a obrigam a cumprir qualquer prazo de entrega por eles estipulados, independentemente do plano de produção em vigor. Estes clientes exercem, normalmente, uma grande pressão sobre a produção na medida em que provocam dificuldades quer na execução/alteração do planeamento da produção, quer na entrega atempada das matérias primas e/ou materiais necessários, podendo originar atrasos nas encomendas já planeadas para outros clientes e dificuldades na gestão de stocks, por falta de uns e retenção de outros, por adiamentos de produções.

- **Avaliação de fornecedores**

Como foi referido anteriormente, a Ciclo Fapril é a sede de um grupo de seis empresas que trabalham em conjunto na conformação de estruturas metálicas variadas. Como também foi referido a Ciclo Fapril necessita de material complementar além da matéria prima principal, maioritariamente para a operação de soldadura. A maior parte deste material é fornecido pelas empresas do grupo Tabor e Tortec. Todo o material derivado de chapa metálica provém da Tabor, enquanto que o material derivado de tornearia provém da Tortec.

A compra de material complementar necessário a fornecedores que fazem parte do grupo é uma opção lógica, uma vez que com estes fornecedores, há sempre maior margem de negociação e ajuste de preços. Porém, tendo em conta a situação descrita em cima relativamente à flexibilidade, no caso de haver alguma encomenda prioritária com adiantamento da data de entrega, estes fornecedores têm muita dificuldade na entrega dos materiais necessários para estas produções, em espaços de tempo normalmente muito curtos, provocando dificuldades acrescidas para o cumprimento do prazo

de entrega definido pelo cliente. Mesmo em condições de normal funcionamento, registam-se muitos incumprimentos quer nos prazos de entrega quer em questões de qualidade; muitas vezes os produtos recebidos apresentam problemas de qualidade relativos aos componentes, obrigando à sua devolução, o que pode ocasionar atrasos na produção de vários dias ou mesmo semanas.

- **Situação dos Recursos Humanos**

Existem algumas questões relativamente aos colaboradores da Ciclo Fapril. Uma das causas apontadas como sendo crítica na questão das dificuldades de planeamento foi a instabilidade sentida em relação aos recursos humanos afetos às áreas da soldadura; a falta de recursos humanos aliada a uma taxa de absentismo elevada, traduz-se em equipamentos parados, logo, problemas com o planeamento e produtividade – podem observar-se vários robôs parados diariamente e a fábrica a trabalhar abaixo da capacidade disponível.

Alguna desmotivação observada por parte de colaboradores, na área da soldadura, pode ser uma consequência desta falta de pessoal, da necessidade de muitas vezes terem de mudar de máquina várias vezes e verem que o resultado do seu trabalho, como setor, apresenta produtividades mais baixas do que noutros setores. De facto, a falta de pessoas, e as faltas diárias provocam dificuldades no planeamento da produção uma vez que é preciso balancear os recursos existentes no dia a dia pelos robôs de soldadura, utilizando-se normalmente, a lei da prioridade por data de entrega do produto a produzir.

Há outras questões importantes, como é a necessidade de recurso a trabalho extraordinário para compensação da falta de recursos afetos ao setor e/ou da falta de experiência dos que são recém chegados, a rotação de pessoal que cria dificuldades, por parte dos novos colaboradores, na interiorização da política e visão de melhoria contínua da empresa, nos colaboradores mais antigos, de trabalho acrescido no ensinar os novos entrantes e, por vezes, de alguma falta de reconhecimento por esta função que lhes coube; durante o tempo deste trabalho foram várias as pessoas com muito conhecimento e experiência profissional que deixaram os quadros da empresa.

A eventual revisão e adequação dos objetivos mensais a alcançar em geral em todas os setores, poderá vir a ajudar a motivar as equipas a esforçarem-se e a verem a recompensa para o seu empenho e esforço quando os mesmos vão sendo atingidos; o nunca se conseguir atingir os objetivos poderá ser fonte de desânimo, com todas as consequências que daí possam decorrer..

Tendo em conta os três fatores descritos, é fácil observar uma espécie de “ciclo vicioso” em que se encontra a produção no geral. Idealmente a produção deveria fluir naturalmente, mas, porém, é necessária uma ginástica diária relativamente à alocação de pessoas aos postos de trabalho, verificação de material em falta e adaptação dos robôs às referências a produzir, e o planeamento semanal da produção acaba por ser relativo, uma vez que há muita probabilidade de sofrer alterações de um momento para o outro. Juntando o tempo perdido por causa de robôs parados, espera de material em falta, mudanças de gabarits e as alterações sem aviso de prazos e quantidades pelos clientes, torna-se muito complicado cumprir prazos e daí a taxa de incumprimento referida. Por outro lado, as datas de entrega dos produtos e quantidades necessárias para as encomendas estipuladas pelos clientes, devendo ser cumpridas, não podem, no entanto, ser entregues antecipadamente dado que os clientes não as rececionam antes do prazo e, para além das dificuldades de espaço de armazenamento dentro da fábrica, também se coloca a questão de degradação destes produtos acabados (ferrugem, por ex.), o que leva a que estes sejam retrabalhados antes de ser enviados ao cliente, incorrendo em custos adicionais.

3.3. Objetivo de Intervenção

Estando o âmbito deste projeto algo indefinido na data de início do estágio, o objetivo preliminar foi ir passando pelas diferentes áreas da fábrica de maneira a poder-se interiorizar o trabalho realizado no dia-a-dia, ao mesmo tempo que se ia reunindo e recolhendo alguns dados que pudessem ser relevantes, para que se pudesse estabelecer o objetivo final.

O trabalho inicial passou por isso por aprender a trabalhar com algumas das máquinas da Fábrica de Tubo. Como foi mencionado, esta secção engloba o corte de tubo a laser e serrote, estampagem, curvatura e outras máquinas para operações mais pontuais como a máquina de escarear e a máquina de abocardar (Figura 13), e durante os três primeiros meses do desenvolvimento deste trabalho foi adquirida uma visão geral do funcionamento desta secção, desde a receção de matéria prima e ao longo de todas as fases até à zona de soldadura, com a grande valia de praticar em algumas das máquinas.



Figura 12 - Tubos com secção abocordada

Após este período de adaptação, a partir de janeiro, foi analisado o estado de funcionamento da restante produção, nomeadamente da área mais abrangente da Ciclo Fapril, a soldadura. Para isso, realizou-se um acompanhamento diário do trabalho realizado nesta secção, mais concretamente da recolha de informação relativamente aos produtos a produzir em cada robô (Figura 14), e no caso de estes estarem parados, da razão dessa paragem.

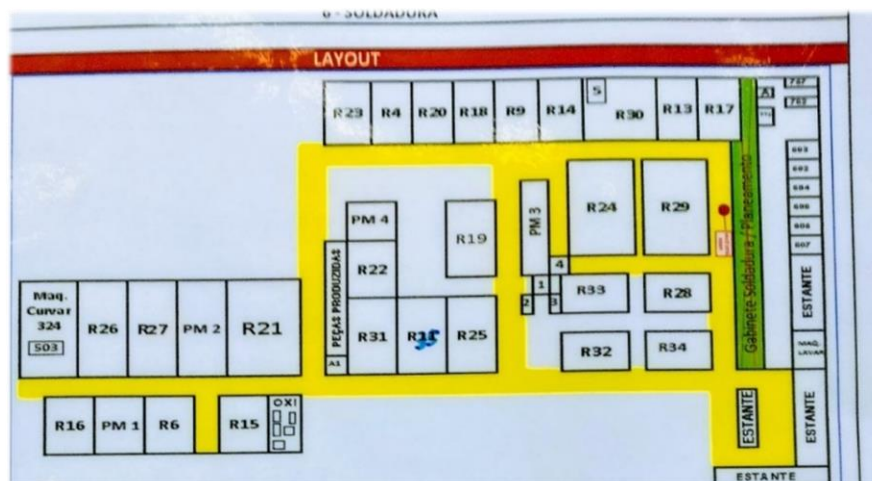


Figura 13 - Layout da secção de Soldadura

A recolha desta informação foi realizada num período de dois meses, desde o final de janeiro até ao final de março. Na Figura 13 pode se observar a disposição dos diferentes robôs de soldadura. Estes encontram-se identificados por um R de robô seguido do número. O PM significa posto manual de soldadura. Daqui conseguiu-se isolar as causas possíveis para os robôs de soldadura não se encontrarem a produzir, assim como identificar as mais frequentes. Tornou-se então claro que o objetivo principal incidia na melhoria da produtividade.

Analisada a produção na secção de Soldadura e tendo já conhecimento da referida taxa de incumprimento, bem como as causas generalizadas atribuídas a esta ocorrência, optou-se por tentar avaliar soluções a curto/médio prazo que pudessem começar a surtir resultados positivos no que diz respeito ao bom funcionamento da fábrica em geral. Para isso, inicialmente, foi feito um estudo relativamente ao OEE dos equipamentos da Ciclo Fapril, com foco na secção de soldadura e fábrica de tubo.

Partindo das conclusões relativamente ao OEE dos equipamentos, e tendo em conta as ferramentas *Lean* disponíveis, optou-se por prosseguir com uma análise SMED nas áreas da fábrica em estudo, com o intuito de otimizar os tempos de mudança de ferramenta associados à produção e assim, criar tempo produtivo. Para a análise SMED realizada, optou-se por tomar como base as 5 fases propostas no modelo revisto de Ferradás & Salonitis (2013), abordadas no capítulo 2.

Estas fases apresentam-se como:

- Fase 1 – Classificar atividades com internas, externas ou a eliminar;
- Fase 2 – Separar atividades internas das externas e eliminar as desnecessárias;
- Fase 3 – Converter atividades internas em externas;
- Fase 4 – Agilizar e reduzir atividades internas;
- Fase 5 – Agilizar e reduzir atividades externas;

O objetivo final passa por propor medidas de melhoria na mudança de ferramentas, com o intuito de aumentar a produtividade.

Capítulo 4 – Intervenção Realizada

4.1. Diagnóstico e oportunidades de melhoria

A tarefa inicial deste projeto consistiu num período de adaptação, no qual foi desenvolvido muito trabalho no terreno, na Fábrica de Tubo. Tendo em conta as dificuldades associadas ao isolamento térmico ineficiente, identificadas após este período de adaptação, a Figura 15 demonstra a variação de produtividade na Fábrica de Tubo, nos meses de Verão e Inverno, onde as temperaturas afetam o trabalho realizado. Apesar de ser relevante, esta questão será só abordada no capítulo final.

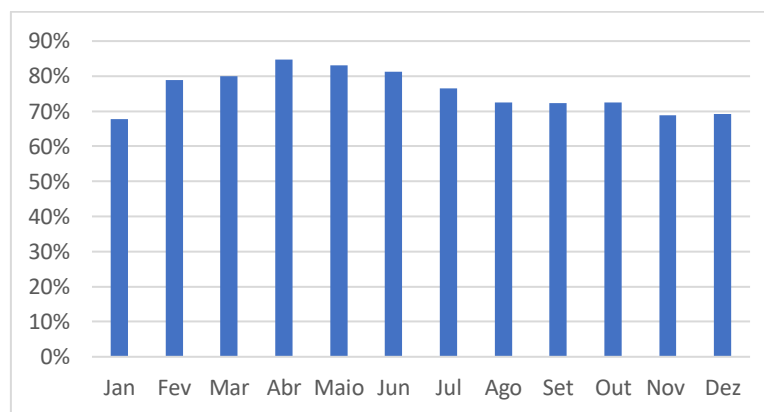


Figura 14 - Produtividade da Fábrica de Tubo em 2018

De seguida, procedeu-se ao trabalho de diagnóstico na secção de Soldadura, mais concretamente, em relação aos produtos a produzir nos robôs de soldadura, e no caso destes se encontrarem parados, a razão da paragem. Durante este período foi possível tirar algumas conclusões relativamente ao funcionamento desta área.

Através da análise da Tabela 3, podem-se observar as principais causas de paragem dos robôs (Paragem por turno), assim como a frequência absoluta de cada uma durante o período de estudo (Total Turnos). No final da tabela, é possível observar a percentagem de cada uma (Tempo de Paragem), comparando com a o tempo total de paragem de 41,97%. À direita é possível observar o total de turnos em que cada robô esteve parado, durante o período de estudo (Total Turnos por Máquina).

Tabela 3 - Frequência de paragens nos robôs de soldadura

Robô/Paragem por Turno	Nº Turnos da Amostragem = 90/Máquina									Total Turnos por Máquina
	Sem Plano	Avaria de Máquina	Falta de Material	Falta de Matéria Prima	Falta de Recursos Humanos	Mudança de Ferramenta	Programação	Problemas de Qualidade	Afinações	
23	0	2	19	0	4	2	24	0	0	51
4	17	6	4	0	3	2	0	0	0	32
20	44	0	0	0	0	0	0	0	0	44
18	11	0	1	0	4	27	18	1	0	62
14	13	0	1	12	2	10	0	11	0	49
30	70	0	0	3	1	0	0	0	0	74
13	0	0	0	1	1	0	0	0	3	5
17	0	0	20	12	3	3	2	0	0	40
29	2	1	0	0	9	5	0	1	0	18
24	88	0	0	0	0	0	0	0	0	88
28	3	5	3	0	9	0	0	0	0	20
33	7	12	4	0	15	0	0	0	2	40
34	0	0	13	0	2	0	0	0	0	15
32	0	3	14	0	8	0	0	0	0	25
25	3	4	0	6	5	1	42	0	0	61
19	56	0	0	0	3	0	16	0	0	75
22	5	1	13	6	1	2	8	0	0	36
31	0	5	9	0	3	3	0	0	0	20
35	62	0	0	0	0	0	0	0	0	62
oxi	27	3	0	0	2	0	0	0	0	32
21	0	4	12	0	5	0	0	1	1	23
15	34	0	0	9	3	0	0	0	0	46
6	0	2	22	6	6	0	0	4	0	40
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	10	3	7	3	0	1	0	24
Total Turnos (2340)	442	48	145	58	96	58	110	19	6	
Tempo de Paragem (%)	18,89	2,05	6,20	2,48	4,10	2,48	4,70	0,81	0,26	
Tempo Total Não Produtivo	41,97									

Foi possível concluir que a produção nos diferentes robôs não é equilibrada, uma vez que existem alguns com mais carga de trabalho que outros, pois existem algumas restrições relativamente ao tipo de mesa de cada um (dimensão, rotativa ou fixa), bem como à tecnologia de soldadura usada, o que vai restringir a produção de alguns produtos em alguns dos mesmos.

O que se verifica é que há robôs, como o 20, 30, 19 e 24, que apresentam vários turnos sem trabalho planeado devido ao reduzido leque de produtos neles soldados, o que provoca que estejam sem produção grande parte do tempo (Tabela 3).

A Figura 16 sintetiza a percentagem de ocorrências de cada um dos tipos de paragens identificados nos robôs.

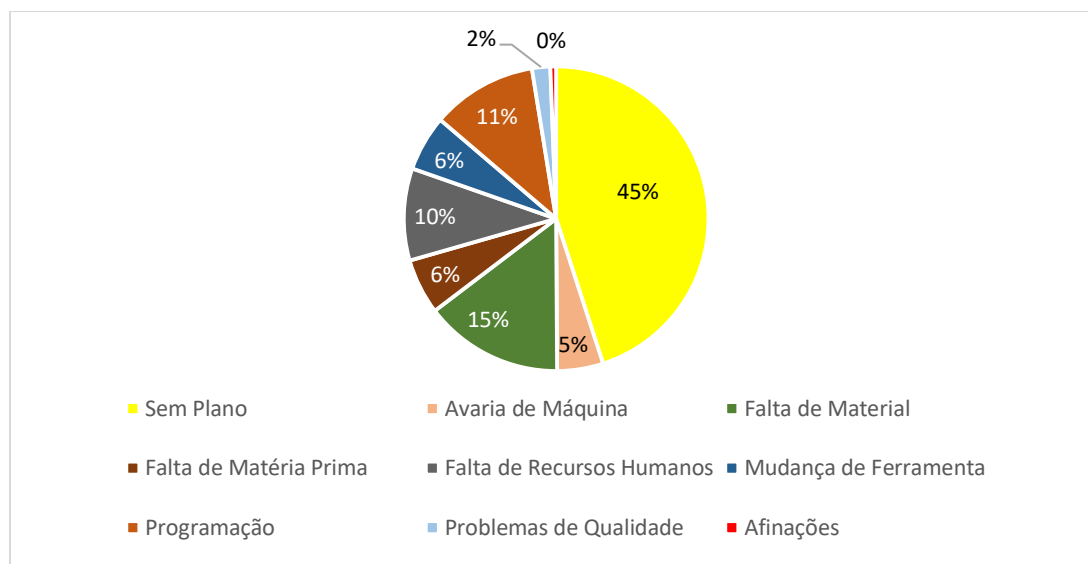


Figura 15 – Principais causas de paragem dos robôs da soldadura

Apesar de existirem vários robôs disponíveis, a sua utilização vê-se muito restringida. Na Tabela 4 pode-se observar a média de horas que cada robô trabalha por semana. Uma vez que para este cálculo só foram considerados os turnos da manhã e da tarde, sendo o tempo de abertura disponível em cada um de 80 horas, é fácil observar a fraca utilização dos recursos disponíveis.

Tabela 4 - Horas de trabalho semanal

Robôs	Média de horas/semana
23 -->	27,7
4 -->	39,7
20 (Plasma) -->	8,3
18 -->	17,7
14 -->	30,8
30 (Laser) -->	6,3
13 -->	74,1
17 -->	39,6
29 -->	59,1
24 -->	3,0
28 -->	59,2
33 -->	36,5
34 -->	60,6
32 -->	52,0
25 -->	24,5
19 -->	9,7
22 -->	35,3
31 -->	54,3
35 (Prod. Pontual) -->	24,7
oxi -->	47,7
21 -->	54,4
15 -->	32,3
6 -->	37,6
27 -->	78,2
26 -->	78,2
16 -->	44,8
PM1 -->	78,2
PM2 -->	51,6
PM3 -->	78,2
PM4 -->	78,2

Os produtos mais “importantes” para a empresa concentram a sua produção num número reduzido de robôs, sendo que alguns se encontraram parados durante a totalidade do tempo de estudo, encontrando-se em programação para a produção de novos projetos ou com produções esporádicas que não exigem trabalho contínuo.

Esta situação pode ser reforçada com a tabela seguinte (Tabela 5). É demonstrada a percentagem produzida por cada robô (Freq. Relativa), assim como uma simples análise 80/20 (Freq. Acumulada), que permitiu tirar conclusões acerca da distribuição de trabalho pelos robôs.

Tabela 5 - Produção total em 2018

Robôs	Freq. Relativa (%)	Freq. Acumulada
27	15,34	15,34
26	15,21	30,55
23	7,79	38,34
13	7,79	46,14
28	7,62	53,76
33	7,27	61,03
4	6,70	67,73
34	5,11	72,84
32	5,11	77,94
oxi	3,65	81,60
21	3,00	84,59
31	2,77	87,36
18	2,08	89,45
14	2,02	91,46
17	1,90	93,37
30	1,06	94,43
16	1,05	95,47
15	0,89	96,36
29	0,87	97,24
22	0,87	98,10
19	0,47	98,58
25	0,41	98,99
24	0,40	99,39
20	0,33	99,71
6	0,29	100,00

Com o objetivo de regularizar a produção, foram-se analisar possíveis fatores críticos tendo em conta o OEE dos equipamentos da Soldadura e Fábrica de Tubo.

O OEE dos diferentes equipamentos é já calculado há algum tempo na Ciclo Fapril, através de um *template* em *Excel* que vai sendo preenchido pelos operadores dos diferentes equipamentos, ao serem completadas as ordens de fabrico. Existem computadores em cada secção onde estes vão preencher informação relativa ao tempo de produção efetivo, quantidade produzida, quantidade de peças que têm de ir para retrabalho ou sucata, o tempo de paragem do operador ou do robô (considerada avaria), assim como breves descrições dos motivos das paragens da produção. A folha *Excel* está programada para automaticamente devolver os valores dos fatores usados para calcular o

OEE da máquina no respetivo turno: Produtividade, Qualidade, percentagem de ocupação do operador e percentagem de ocupação da máquina.

Podem-se também relacionar os componentes do OEE apresentados na revisão de literatura com os utilizados pela Ciclo Fapril, concluindo que a Disponibilidade se refere à percentagem de ocupação da máquina, a Eficiência refere-se à Produtividade e sobrando a Qualidade que tem a mesma designação.

Olhando para o OEE da secção de soldadura e fábrica de tubo relativamente ao ano de 2018 pode-se concluir que estes se encontram muito abaixo do valor considerado ideal por Nakajima (1988).

De maneira a ter uma visão mais pormenorizada da razão destes valores, procedeu-se à análise individual de cada um dos componentes do OEE, em cada uma das secções. Os valores obtidos estão representados na tabela seguinte (Tabela 6). Estes representam a média do ano de 2018.

Tabela 6 – Valores dos componentes do OEE

	Produtividade	% Ocupação Máquina	Qualidade
Soldadura	65%	88%	76%
Fábrica de Tubo			
➤ Laser	77%	98%	99%
➤ Serrote	77%	98%	100%
➤ Curvatura	78%	74%	95%
➤ Estampagem	76%	85%	99%
Valores ideais	95%	90%	99%

Observando a linha da Soldadura, é clara a baixa produtividade como o principal fator para o valor baixo do OEE dos robôs. Porém, tendo em conta as observações anteriores, pode-se concluir também que neste caso a Soldadura possui algumas dificuldades em planear a produção. Tudo isto está associado aos três fatores internos relativos à elevada taxa de incumprimento que mencionei anteriormente.

O indicador qualidade também apresenta um valor muito baixo. Como referido anteriormente, na secção de soldadura existem, além dos robôs, postos de soldadura manual que têm como função retocar peças que saiam com soldas defeituosas. O que se verifica é uma quantidade acima do esperado de peças que necessitam de retrabalho nesses postos, assim como a geração de alguma

sucata, o que irá ter consequências negativas no valor deste indicador. Embora crucial, as causas associadas a este fator não foram abordadas neste projeto.

Analisando a Fábrica de Tubo observa-se um valor de produtividade superior ao da soldadura. Isto pode dever-se ao facto de as operações efetuadas nesta secção serem mais simples e menos complexas, o que leva a uma maior cadência produtiva, levando assim a que as quantidades planeadas sejam na maior parte das vezes cumpridas no período definido.

Concluiu-se, portanto, que existe uma necessidade geral de aumento da produtividade na Ciclo Fapril, de maneira a conseguir equilibrar o trabalho diário e consequentemente reduzir a taxa de incumprimento de encomendas verificada.

Tendo em vista essa necessidade, avançou-se com a análise SMED. Inicialmente a tarefa a realizar foi a observação do processo de mudança de ferramenta de uma forma imparcial, de maneira a ter uma ideia inicial de como tudo se processava. De seguida o objetivo passou por identificar as tarefas inerentes ao processo bem como a medição dos tempos de execução de maneira a poder identificar tarefas críticas. Desta forma conseguiu-se a identificação das tarefas internas e externas, e se este rácio se encontrava equilibrado tendo em vista o tempo que a máquina está parada e a trabalhar. Cumpridas estas etapas, o objetivo passou a ser a procura de formas de otimizar o processo de mudança, de maneira a reduzir o tempo, não só de atividades internas, mas das externas também.

➤ **Secção de Soldadura**

Começando pela secção de soldadura, esta área funciona com um capitão de equipa em cada turno de trabalho (Figura 19), que tem como função controlar o funcionamento dos robôs em geral, prestando aos operadores o apoio que necessitarem. Tem também a função de intervir nas mudanças de gabarits de soldadura nos robôs para a produção de novas referências.



Figura 16 - Capitã de equipa (direita) a auxiliar na mudança

Existe também uma operadora que trabalha no horário de trabalho de normal e que serve de auxílio aos capitães de cada turno nas tarefas diárias. Esta operadora é uma operadora experiente e é a principal interveniente no que diz respeito à mudança de gabarits de soldadura.

Fazendo um inquérito inicial com o responsável pela implementação do *Lean* na Ciclo Fapril constatou-se que existem tempos de mudança muito elevados na soldadura. Porém constatou-se também que há muito trabalho realizado no que diz respeito à agilização da mudança de gabarits de soldadura. A medida mais relevante observada foi relativamente ao controlo do tempo de mudança dos gabarits. Está em utilização uma *checklist* do procedimento a seguir para a mudança. Esta *checklist* já foi alvo de algumas alterações até à versão atual (Figura 20). Sendo esta secção uma secção onde existem mudanças de ferramentas somente em robôs, o procedimento é semelhante em todos e, portanto, esta *checklist* tem como objetivo servir como um guia dos passos a seguir, com a finalidade de tornar os responsáveis pelas mudanças completamente ambientados com o procedimento, ao mesmo tempo que o processo vai sendo controlado com a informação que estes têm obrigatoriamente de preencher durante a mudança. Pretende-se assim que tudo se torne o mais normalizado possível, dada a semelhança da mudança em todos os robôs.

CECOP
FAPERJ

CHECKLIST TROCA JIGS

Rf. Saída	Rf. Entrada	Robo	Data	Início	Fim	Resp
7083-5201	1955-340	23	3/11	9:50	14:30	Ant / Dan
4246-34	135-340					

Antes "preparativos para troca ferramenta"

- ☒ Verificar se há empilhador disponível
- ☒ Descer a paleta vazia e coloca-la junto ao robot para receber os Jigs a desmontar
- ☒ Descer a paleta com os Jigs do produto que vai entrar em produção
- ☒ Ter disponível documentação do produto que vai entrar em produção
- ☒ Recuperar se necessário!!!!!!!
- ☒ Preencher toda documentação relativa a produção acabada
- ☒ Dar seguimento expedição produção acabada
- ☒ Munir-se de carro de apolo com: Chaves de ref, parafusos de ref, bico, desandador e macho

DESMONTAR:

- ☒ Limpeza dos Jigs das duas mesas (X e Y) operador
- ☒ Carregar prg: (ZER-GRAU) Colocar as mesas (X e Y) a zero graus
- ☒ Desapertar Jigs mesa lado operador
- ☒ Retirar Jigs mesa lado operador para paleta correspondente
- ☒ Rodar mesa em manual (Jigs Ld robot p/ Ld operador)
- ☒ Desapertar Jiggs da mesa
- ☒ Retirar Jiggs das duas mesas para paleta correspondente: obrigatório "montagem componentes"

MONTAR: "novo produto" Com recurso documentação do produto que vai entrar em produção

- ☒ Consultar listagem prgs em: select, e identificar quais os programas necessários
- ☒ Entrar em cada um dos programas e verificar: "1 de cada vez"
- ☒ Graus correspondentes a cada mesa (X e Y):
- ☒ Alterar no prg: (LIMPEZA) se necessário: carregar os valores corresp: (mesas X e Y)
- ☒ Diametro fio / bico correspondente:
- ☒ Trocar fio e bico: se necessário
- ☒ Carregar prg: (ACERTO) verif. posição de ref. ajustar se necessário
- ☒ Carregar no programa: (PASSA): prg's de trabalho; (mesa X / Y)
- ☒ Carregar prg: (ZER-GRAU) Colocar as mesas (X e Y) a zero graus
- ☒ Colocar barras apoio nas posições definidas (cabeçalho prg) "repassar rosca Obrigatório"
- ☒ Colocar Jigs correspondentes a cada uma das mesas X e Y
- ☒ Apertar Jigs nas duas mesas seg. a localização ind. (cabeçalho de cada programa)
- ☒ "repassar rosca se necessário"
- ☒ Carregar prg Geral segundo ind. no cabeçalho de cada programa
- ☒ Executar programa sem sem soldar "para verificar distancia soldadura / alicates
- ☒ Consultar fim prg para ver nº registro do contador peças
- ☒ Em DATA na ref: Colocar contador a zero
- ☒ Colocar qt a comparar para robot parar
- ☒ Executar programa a soldar: caso necessário fazer correções
- ☒ Validar peça: segundo peça comparação/instrução de trabalho
- ☒ Organizar bordo linha

DEPOIS:

- ☒ Inspeccionar estado dos Jigs se - N/OK encaminhar para ferramentaria
- ☒ Inspeccionar estado dos Jigs: se - OK
- ☒ Levantar paleta com Jigs e coloca-la na estante
- ☒ Atualizar quadro dos Jigs

Notas:

Quadro Objetivos

Documentação/ Organiza.

P.S. →

Figura 17 - Checklist soldadura

As tarefas já se encontram divididas por “Antes” e “Depois”, ou tarefas externas que podem e devem ser executadas quando o robô ainda se encontra a terminar a produção da referência anterior no caso do “Antes” e após a mudança do gabarit, imediatamente antes de começar a produção da referência seguinte, no caso do “Depois”.

As tarefas internas, enquanto o robô se encontra parado, estão divididas nas ações de desmontar o gabarit anterior e montar o novo. O objetivo é por isso evitar qualquer redundância no processo, indicando especificamente as ações a tomar. Todas as tarefas têm de ser marcadas após a sua realização.

No canto superior pode-se verificar a zona onde o responsável pela mudança tem de preencher informação relativamente às referências de entrada e de saída, qual o robô em causa e a duração do procedimento

Relativamente à secção de soldadura, a conclusão a que rapidamente se chegou é de que, apesar do valor do OEE dos robôs desta secção ser muito baixo de acordo como os valores ideais, as principais causas de os robôs não se encontrarem efetivamente a produzir não incluem as paragens por mudança de ferramenta. Como apresentado anteriormente no Figura 16, a mudança de ferramenta apresenta uma percentagem de 6% no total de todo o tempo improdutivo. Contudo existe sempre espaço para melhorias em todos os pontos. Foi notória a relevância que se dá à secção de soldadura, comparando com a Fábrica de Tubo, relativamente à implementação da metodologia SMED, havendo uma série de ações planeadas ainda não implementadas.

➤ **Fábrica de Tubo**

A Fábrica de Tubo apresenta-se como uma zona diferente da soldadura. Nesta secção, existe uma subdivisão em três setores distintos: corte de tubo, curvatura e estampagem. O corte de tubo engloba o corte a serrote e o corte laser, e a mudança de ferramentas associada a estes equipamentos apresenta-se como uma mudança linear, com uma lista de tarefas quase na totalidade normalizadas e que não envolvem grandes esforços por parte de quem a efetua.

O ganho mais substancial encontra-se na curvatura e estampagem, havendo associados os fatores de deslocamentos substanciais dos operadores durante o período de mudança de ferramentas, assim como o peso associado às ferramentas em questão, o que vai englobar também a questão da segurança e do bem-estar do operador ou de quem for efetuar a mudança. Na estampagem existem três prensas hidráulicas e três prensas mecânicas (Balancés) e na curvatura existem atualmente cinco máquinas de curvar tubo, sendo duas delas novas, duas mais antigas e uma delas rotacional.

Em qualquer uma das zonas da Fábrica de Tubo, estas mudanças são efetuadas através do conhecimento de cada um, ou seja, “de cabeça”, sendo que as tarefas necessárias já estão memorizadas em quem faz a mudança. Não existe uma *checklist* como na soldadura, com o intuito de clarificar os passos a seguir ou mesmo a ordem em que estes devem ser efetuados. Da mesma forma não existe controlo detalhado do período de mudança de ferramenta, havendo só um registo grosseiro dos tempos totais associados.

Abordando somente a estampagem e curvatura, existem no total cinco pessoas, além do capitão de equipa da secção, que estão aptas em termos de conhecimento para efetuar uma mudança completa. Observou-se também que destas cinco pessoas, quatro trabalham durante o turno da manhã, sendo que só uma trabalha durante o turno da tarde. Durante o turno da noite não há ninguém apto para efetuar mudanças de ferramentas.

As mudanças de ferramentas são efetuadas normalmente só por um operador, sendo que o capitão de equipa funciona como um “faz tudo”, tendo disponibilidade para auxiliar em algumas destas mudanças. Este também acaba por efetuar algumas das mudanças sozinho, bem como trabalhar na produção ou mesmo atuar na manutenção ou reparação de equipamentos.

Se tivermos em conta que o capitão de equipa apenas se encontra disponível durante os turnos da manhã e tarde, logo aqui se observa um possível condicionante relativamente ao planeamento dos tempos de mudança de ferramenta, ou mesmo da produção nas máquinas afetadas.

Da análise inicial resultaram assim 5 tabelas que descrevem as tarefas realizadas na mudança de ferramenta em cada um dos tipos de máquinas, assim como a duração e o tipo. É apresentada a tabela relativa aos balancés, sendo que as restantes se encontram em anexo (Anexo H).

A base para definir estas tarefas são as observações de mudanças de ferramentas nos diversos equipamentos, que são apresentadas também em anexo (Anexo B a G). A duração de cada uma das tarefas resulta também da média dos valores obtidos em cada uma das observações para um determinado equipamento (Tabela 7).

O objetivo passou também por fazer uma análise inicial do rácio de tarefas realizadas com o equipamento em funcionamento (externas) e com o equipamento desligado (internas). Idealmente devem-se realizar o maior número de tarefas relacionadas com a mudança de ferramentas nos períodos de fim de produção ou *Run-Down* e afinações ou *Run-Up*, como demonstrado na Figura 7 do Capítulo 2.

Tabela 7 – Tarefas Balancés

Tarefas	Tipo de Tarefa	Duração média (minutos)
Fechar OF anterior, inserir dados no touch e abrir nova OF	Interna	3,1
Arrumar peças	Interna	2,0
Limpar área de trabalho	Interna	1,3
Limpar ferramenta anterior	Interna	0,6
Desapertar ferramenta anterior	Interna	1,7
Ir buscar mesa para transportar a ferramenta	Interna	1,5
Retirar ferramenta anterior	Interna	0,9
Arrumar ferramenta anterior	Interna	1,5
Ir buscar ferramenta nova	Interna	3,1
Limpar máquina	Interna	0,7
Mudar curso da máquina	Interna	2,8
Colocar ferramenta nova na mesa do balancé	Interna	1,4
Montar ferramenta nova	Interna	1,7
Calibrar ferramenta nova	Interna	0,8
Ir buscar vagão para produto acabado	Interna	1,8
Ensaio	Externa	3,9
Controlo	Externa	1,0
Produzir 1ª peça	Externa	0,6
Tempo Total da Mudança (minutos)		30,5

De seguida fez-se uma análise relativamente ao rácio de tarefas realizadas com o equipamento em funcionamento (externas) e com o equipamento parado (internas). Desta análise foi possível concluir que apenas cerca de 13% das tarefas são realizadas com a máquina em funcionamento, sendo que o resto é realizado com a máquina parada. Existe, portanto, muita margem para ganhar tempo, atuando nas atividades internas.

Na mudança de ferramentas das curvadoras verifica-se também a existência de tempos mortos. Isto deve-se ao facto mencionado anteriormente, em que as mudanças são realizadas maioritariamente da parte da manhã. Isto vai provocar paragens prolongadas nas máquinas, visto que muitas das vezes,

após a mudança e afinações serem realizadas, esta fica parada e pronta a produzir, mas à espera que seja atribuída a algum operador nos turnos seguintes.

É de referir também que, em todas as máquinas, as tarefas foram selecionadas de um leque de tarefas maior. Tentou-se resumir nas tabelas as tarefas que foram feitas em grande parte das mudanças. A realização das restantes tarefas é casual, muitas vezes não representam atividades relativas à mudança ou então são tarefas específicas a algum tipo de produto. Assume-se, por isso, que aos tempos médios apresentados vão acrescer alguns segundos ou mesmo minutos, derivado da realização de possíveis tarefas adicionais.

4.2. Melhoria do OEE

Tendo como base a tabela modelo apresentada no Anexo A, podem ser avaliadas algumas oportunidades de melhoria do OEE, cruzando com as Seis Grandes Perdas mencionadas no Capítulo 2 deste relatório.

Faria sentido abordar o fator Qualidade relativamente às perdas por Defeitos/retrabalho (5), mencionado na tabela em anexo referida. Porém estes defeitos verificados são quase inevitáveis e a sua mitigação passa obrigatoriamente por uma paragem para programação ou retificação dos meios de controlo. A solução seria admitir mais pessoal especializado para efetuar esta programação e retificação e agir, por isso, mais rápido como o intuito de reduzir ao máximo o tempo de trabalho de recuperação, ambos traduzidos em prejuízo.

Analisando ainda a tabela em anexo verifica-se também a existência de perdas por *Setups*/Afinações (2) relativamente ao Fator Disponibilidade. Este tipo de perdas enquadra-se na realidade da Ciclo Fapril, onde diariamente há mudanças de ferramentas e tempos de afinações das máquinas, quer na secção de soldadura ou na Fábrica de Tubo.

Por fim, relativamente ao fator Velocidade, as perdas de velocidade (3 e 4) vão estar associadas à otimização do funcionamento do equipamento e à capacidade que os operadores têm em potenciar essa otimização, mantendo assim um funcionamento regular.

Verificando as ferramentas *Lean* disponíveis para fazer frente a todas estas ocorrências, conclui-se que grande parte das ferramentas aplicáveis já se encontram implementadas na Ciclo Fapril.

Sendo assim, a análise SMED relativamente aos tempos de mudanças de ferramenta foi reconhecida como a opção mais viável para criar alguns planos de ação com o objetivo de criar tempo produtivo.

No final pretende-se, por isso, aumentar o índice de produtividade, o que terá influência direta na fórmula de cálculo do OEE.

4.3. Melhoria dos Tempos de Mudança de Ferramenta

4.3.1. Secção de Soldadura

Nesta secção não houve necessidade de converter tarefas internas em externas, visto já existir em vigor uma *checklist* com a separação e ordenação das tarefas a realizar em cada mudança. Verificou-se também a existência de um acompanhamento muito regular relativamente a todas as atividades que lá acontecem, entre elas a mudança de gabarits de soldadura nos robôs. Sendo assim optou-se por não aprofundar muito a pesquisa relativamente à análise SMED nesta zona da fábrica, tendo em conta a necessidade da realização deste relatório e a dificuldade em encontrar algo novo para analisar.

Porém existem dois pontos que se entende como relevantes e a destacar.

O primeiro ponto diz respeito a uma hipótese de melhoria que não é nova e que se encontra em estudo há algum tempo, não tendo sido ainda implementada. Porém achei relevante fazer referência, visto que a sua implementação poderia reduzir drasticamente alguns tempos de mudança de ferramenta.

A melhoria em causa diz respeito à utilização na integra da mesa dos robôs de soldadura, ocupando esse espaço com vários gabarits de soldadura de referências diferentes. Isto implicaria fazer uma análise das referências residentes nos robôs em questão, de maneira a saber quais os gabarits mais utilizados. Com isto seria eliminada a mudança de ferramenta para algumas produções, sendo só necessário fazer alguns acertos nos programas, assim como algumas tarefas externas.

Nas Figuras 21 e 22 pode-se observar a proposta de melhoria em questão, assim como o estado de utilização da mesa no presente.

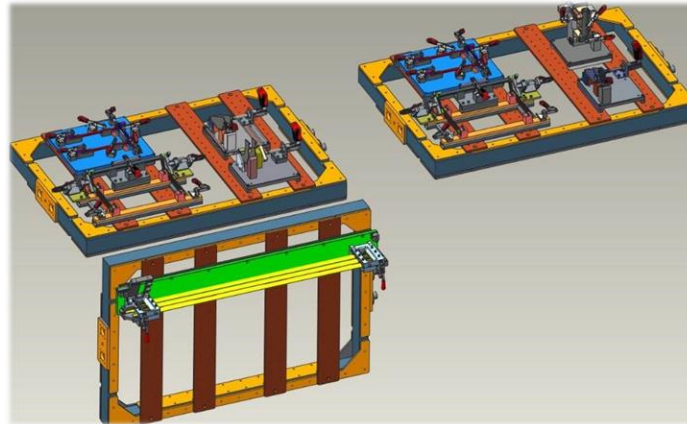


Figura 18 - Proposta de melhoria



Figura 19 - Mesa do robô atualmente

O segundo ponto diz respeito à alimentação dos robôs com fio de soldadura. O fio de soldadura pode vir enrolado em forma de bobine ou pode ser armazenado em tambores (Figura 23).

As bobines e tambores são armazenados numa estante situada na zona de soldadura, como demonstrado na Figura 24. Os tambores têm um peso elevado e por isso é necessário recorrer aos empilhadores para os retirar da estante e transportar até ao robô em mudança.



Figura 20 - Tambor e bobine de fio de soldadura

A proposta de melhoria aqui seria determinar idealmente mais 2 pontos de armazenamento de fio de soldadura nas extremidades secção de soldadura, para que na altura da mudança de ferramenta se conseguisse poupar tempo na mudança de bobine de fio de soldadura, nos robôs que se encontram mais próximos dos extremos da secção. O objetivo passa, por isso, por reduzir a distância percorrida para ir buscar as bobines ou tambores.



Figura 21 - Localização da estante de armazenamento de fio de soldadura

Apesar de ser uma melhoria válida e a considerar, a aplicação da mesma acaba por não ser trivial, pois além da questão do espaço ser pouco para instalar estantes adicionais, existe o fator da temperatura

a que os tambores e bobines estão expostos, havendo necessidade de que a área de armazenamento se mantenha dentro dum determinado intervalo de temperaturas.

Por isso, não se conseguiram determinar os ganhos possíveis de tempo associados à implementação desta melhoria, devido ao facto de não se ter definido a localização exata das possíveis estantes adicionais.

Apesar de ser a área mais abrangente da Ciclo Fapril, na secção de soldadura acaba por ser difícil encontrar maneiras para diminuir tempos de mudança de ferramenta. Os ganhos mais substanciais encontram-se nas tarefas internas, que se encontram já delineadas na *checklist* apresentada anteriormente. Para isso é necessário acompanhar atentamente as mudanças, de maneira a observar pormenores que possam ser trabalhados. Visto esta área ser tão intervencionada atualmente, e o tempo deste trabalho ser bastante limitado, os esforços centraram-se para a Fábrica de Tubo, e esse acompanhamento necessário não se concretizou no período de duração do projeto.

4.3.2. Fábrica de Tubo

Em relação à Fábrica de Tubo, o objetivo inicial foi avaliar todas as tarefas descritas, tentando identificar aquelas que necessitam obrigatoriamente que a máquina esteja parada e as que podem ser executadas com a máquina a trabalhar, tornando assim o tempo em que a máquina se encontra parada, ou o tempo de *setup*, mais curto. Por fim, são sugeridas algumas oportunidades de melhoria, sempre com o intuito de tornar a mudança de ferramentas mais eficiente. Os resultados apresentados em cada um dos pontos são teóricos, e têm como objetivo demonstrar esse aumento de eficiência.

4.3.2.1. Conversão de tarefas

A Tabela 8 diz respeito aos balancés, sendo que para as restantes máquinas estas são apresentadas em anexo. Procedeu-se à conversão de algumas tarefas, realizadas como internas, que podem ser realizadas como externas com a máquina a trabalhar, tanto durante o período de fim de produção como no período de afinações da máquina para começar a nova produção, assim como à organização das tarefas de maneira a que não falte nada durante o período de *setup*. Assumiu-se também a situação ideal nas curvadoras, onde não existem tempos mortos antes e depois da mudança.

Tabela 8 – Plano de atividades Balancés

Tarefas	Tipo de Tarefa
Limpar área de trabalho	Externa
Arrumar peças	Externa
Ir buscar mesa para transportar a ferramenta	Externa
Ir buscar ferramenta nova	Externa
Fechar OF anterior, inserir dados no touch, abrir nova OF	Interna
Limpar ferramenta anterior	Interna
Desapertar ferramenta anterior	Interna
Retirar ferramenta anterior	Interna
Arrumar ferramenta anterior	Interna
Limpar máquina	Interna
Mudar curso da máquina	Interna
Colocar ferramenta nova na mesa do balancé	Interna
Montar ferramenta nova	Interna
Calibrar ferramenta nova	Interna
Ir buscar vagão para produto acabado	Externa
Ensaio	Externa
Controlo	Externa
Produzir 1ª peça	Externa

Como se podia verificar, antes de ser efetuada esta organização, em nenhuma das máquinas se verificava a execução de tarefas antes de acabar a produção anterior, fazendo assim com que o tempo de mudança de ferramenta para a produção da próxima referência concentrasse muitas tarefas no período de *setup*, fazendo assim com que a máquina estivesse parada mais tempo e a mudança de ferramenta não fosse tão ágil. Existem atividades que beneficiam o tempo de *setup* se forem efetuadas antes da máquina parar, permitindo a quem a está a fazer a concentrar-se na troca da ferramenta propriamente dita. Logicamente vão existir atividades que necessitam da máquina novamente a funcionar, como os ensaios e controlo de peças, sendo que essas atividades vão ser executadas após a mudança ser efetuada.

Após se realizar a conversão de algumas tarefas internas em externas, verificaram-se logo à partida ganhos teóricos em relação à poupança de tempo. Os resultados dos balancés são apresentados na Tabela 9, sendo que para as restantes máquinas se encontram em anexo.

Tabela 9 – Tarefas convertidas Balancés

Tarefas convertidas	Duração Média (minutos)
Limpar área de trabalho	1,3
Arrumar peças	2,0
Ir buscar mesa para transportar a ferramenta	1,5
Ir buscar ferramenta nova	3,1
Ir buscar vagão para produto acabado	1,8
Tempo de <i>setup</i> após conversão das tarefas	15,4
Tempo de <i>setup</i> original	25,1
% Poupança	38,7

Com base na informação presente nas tabelas anteriores, podemos observar poupanças consideráveis em todas as máquinas, tendo em conta o tempo de *setup* atual. As tarefas apresentadas dizem respeito às tarefas base realizadas em todas as mudanças de ferramenta. Nos períodos antes e depois do *setup* (tarefas externas) não existe muita variedade em relação ao que necessita ser feito. Porém, nas tarefas a realizar com a máquina parada (tarefas internas) existem tarefas que podem ser necessárias realizar e que não estejam apresentadas nas tabelas, devido às características do produto a produzir. O valor da poupança apresentado pode então reduzir com o aumento do tempo de *setup*. Porém é possível observar a possibilidade de reduzir os tempos apenas com a organização do método de trabalho.

Analisando cada tipo de máquina individualmente, pode-se ter uma ideia da poupança de tempo ao fim de um ano:

- Na Curvadora rotacional fazem-se cerca de **20** mudanças de ferramenta durante um mês de trabalho, o que resultaria numa poupança média de **2,5 horas/mês** (7,5 min x 20 *setups*), sendo **27,5 horas/ano**;
- Nas Curvadoras mais antigas fazem-se também cerca de **20** mudanças de ferramenta durante um mês de trabalho, o que resultaria numa poupança média de **3,4 horas/mês** (10,1 min x 20 *setups*), sendo **37 horas/ano**;
- Nas Curvadoras mais recentes fazem-se cerca de **12** mudanças de ferramenta durante um mês de trabalho, o que resultaria numa poupança média de **1,5 horas/mês** (7,3 min x 12 *setups*), sendo **16 horas/ano**;
- Nos Balancés fazem-se cerca de **76** mudanças de ferramenta durante um mês de

trabalho, o que resultaria numa poupança média de **12,3 horas/mês** (9,7 min x 76 *setups*), sendo **135,15 horas/ano**;

- Nas Prensas hidráulicas fazem-se cerca de **32** mudanças de ferramenta durante um mês de trabalho, o que resultaria numa poupança média de **8,85 horas/mês** (16,6 min x 32 *setups*), sendo **97,4 horas/ano**;

Relativamente à poupança em termos de custos, é possível fazer uma estimativa dos valores associados, tendo em conta somente um custo de 10€/hora, associado aos operadores das máquinas:

- Na Curvadora Rotacional obteve-se uma poupança de cerca de **27,5 horas** por mudança de ferramenta, o que se traduz em **275€/ano**;
- Nas Curvadoras antigas obteve-se uma poupança de cerca de **37 horas** por mudança de ferramenta, o que se traduz em **370€/ano**;
- Nas Curvadoras novas obteve-se uma poupança de cerca de **16 horas** por mudança de ferramenta, o que se traduz em **160€/ano**;
- Nos Balancés obteve-se uma poupança de cerca de **135 horas** por mudança de ferramenta, o que se traduz em **1350€/ano**;
- Nas Prensas hidráulicas obteve-se uma poupança de cerca de **97,4 horas** por mudança de ferramenta, o que se traduz em **974€/ano**;

O maior ganho com esta reorganização de tarefas acaba por ser a possibilidade de gerir melhor o tempo produtivo, pois passa a existir mais tempo disponível e, por isso, o planeamento da produção acaba por poder ser mais fluido.

Tendo como base uma série de observações relativamente aos tempos de produção, presentes em anexo, pode-se chegar a uma conclusão relativamente ao ganho de produtividade:

- Na Curvadora rotacional demora-se uma média de **12,7 segundos a produzir uma peça**. Tendo em conta o ganho de 2,5 horas/mês, isto traduz-se em cerca de **7000 peças/mês ou 77000 peças/ano**;
- Nas Curvadoras mais antigas demora-se uma média de **34,6 segundos a produzir uma peça**. Tendo em conta o ganho de 3,4 horas/mês, isto traduz-se em cerca de **3500 peças/mês ou 38500 peças/ano**;
- Nas Curvadoras novas demora-se uma média de **48,8 segundos a produzir uma peça**. Tendo em conta o ganho de 1,5 horas/mês, isto traduz-se em cerca de **1100 peças/mês ou 12100 peças/ano**;

- Nos Balancés demora-se uma média de **23,6 segundos a produzir uma peça**. Tendo em conta o ganho de 12,3 horas/mês, isto traduz-se em cerca de **18500 peças/mês ou 203500 peças/ano**;
- Nas Prensas hidráulicas demora-se uma média de **41,2 segundos a produzir uma peça**. Tendo em conta o ganho de 8,85 horas/mês, isto traduz-se em cerca de **740 peças/mês ou 8140 peças/ano**;

Os ganhos demonstrados anteriormente são resumidos na Figura 22.

Equipamentos	Poupança de Tempo	Poupança em €	Ganhos de Produtividade
Curvadora Rotacional	27,5 horas/ano	275 €/ano	77000 peças/ano
Curvadoras Antigas	37 horas/ano	370 €/ano	38500 peças/ano
Curvadoras Novas	16 horas/ano	160 €/ano	12100 peças/ano
Prensa Mecânica (Balancés)	135,15 horas/ano	1350 €/ano	203500 peças/ano
Prensas Hidráulicas	97,4 horas/ano	974 €/ano	8140 peças/ano

Figura 22 - Ganhos gerais

4.3.2.2. Oportunidades de Melhoria

Relativamente às oportunidades de melhoria na Fábrica de Tubo, estas só se focam na curvatura e estampagem, assim como foi feito anteriormente na identificação e separação das tarefas da mudança de ferramenta:

Começando pela curvatura, é de referir a facilidade na mudança de ferramenta das curvadoras antigas comparando com a curvadoras mais recentes. Isto deve-se ao facto de que estas curvadoras mais recentes são aptas para curvar tubos maiores e, portanto, todos os componentes da ferramenta vão ser maiores e mais pesados. O tempo de *setup* é então mais elevado e a medida de melhoria seguinte diz respeito às tarefas internas, realizadas nas duas curvadoras mais recentes.

Uniformização de diâmetros

Esta melhoria, como referido em cima, diz respeito às curvadoras mais recentes. Na mudança de ferramenta há necessidade de mudar o rolo de maneira a adaptar ao diâmetro da peça a produzir. O rolo vai encaixar num veio central e fica assente sobre calços, que irão dar a altura necessária para este ficar alinhado com a régua e com a maxila (Figura 25).



Figura 23 - Rolo e veio (esquerda) e calços (direita)

A remoção do rolo é uma tarefa fácil, que consiste somente em desapertar as barras de compensação, apertadas no cimo do veio, para este poder sair por cima.

A oportunidade de melhoria aqui surge do diâmetro interior variável dos rolos (Figura 26), o que implica também veios de diâmetros diferentes. Se a mudança de rolo se apresenta trivial, a mudança de veio, apesar de fácil, é demorada, pois para se retirar o veio é necessário desapertar e retirar todos os calços, colocar o veio, e colocar e apertar novamente os calços.



Figura 24 - Rolos com diâmetro interior diferente

A melhoria sugerida aqui seria uniformizar o diâmetro interior do máximo número de rolos, de maneira a se poder eliminar a tarefa de alterar o veio de algumas das mudanças de ferramenta, uma vez que um veio caberia em vários rolos.

Existe um problema associado a esta melhoria relativamente aos rolos. Os rolos existentes foram fornecidos pelo vendedor das máquinas e estes já vêm temperados. Isto significa que é impossível retificar os diâmetros interiores de maneira a serem todos coincidentes, uma vez que a rigidez do metal temperado impossibilita qualquer operação de retificação.

Para implementar esta medida seria necessário inicialmente analisar quais os produtos residentes nas máquinas, de maneira a saber quais as ferramentas utilizadas para a produção destes. De seguida seria necessário proceder à aquisição de rolos com diâmetro igual, ou então sem serem temperados, de maneira a poder-se retificar os diâmetros interiores.

Após se verificar as vantagens desta medida, esta poder-se-ia estender à totalidade dos rolos utilizados nas máquinas, tornado assim a totalidade das mudanças efetuadas mais rápidas

Observando a tabelas das tarefas das curvadoras novas, apresentada no Anexo H, verifica-se que nestas máquinas a tarefa de **alterar o rolo e o veio demora cerca de 7,1 minutos**. Tendo em conta a rapidez da mudança de rolo face à mudança do veio, podem-se prever **ganhos de tempo acima de 50 %**, ficando a tarefa reduzida somente à mudança do rolo e a demorar entre **2,5 minutos a 3 minutos**.

Reformulação da zona de estampagem

Ao realizar a análise SMED na Fábrica de Tubo, surgiu uma situação recorrente, tanto nos balancés como nas prensas hidráulicas. Existem na Ciclo Fapril três empilhadores, sendo dois elétricos e um gás. Porém a procura é superior à oferta, e a necessidade do uso destes por parte da Logística, Soldadura e Fábrica de Tubo é constante, o que torna quase impossível haver algum disponível quando necessário.

As ferramentas para montar nos balancés e prensas hidráulicas pesam entre os 50-100kg até aos 1200kg, sendo completamente essencial o uso de empilhador na altura de mudança de ferramenta, quer para ir buscar a ferramenta a mudar ou ir arrumar a ferramenta retirada.

O que se verifica na prática e nas tabelas das tarefas das mudanças de ferramenta nas máquinas, apresentadas em cima, é que raramente há empilhador nesta altura e daí o tempo médio de cerca de 10 minutos para ir buscar o empilhador, ascendendo em alguns casos para perto dos 15 minutos.

Esta melhoria consiste, por isso, em apresentar uma possível solução para a estampagem não estar dependente do empilhador na altura da mudança de ferramenta.

Olhando para a Figura 27, pode-se observar o *layout* atual da zona de estampagem e curvatura da Ciclo Fapril. Tirando o armazém de ferramentas representado por 1, o pavilhão tem cerca de 30 metros de comprimento e 20 metros de largura ou 600 metros quadrados de área.

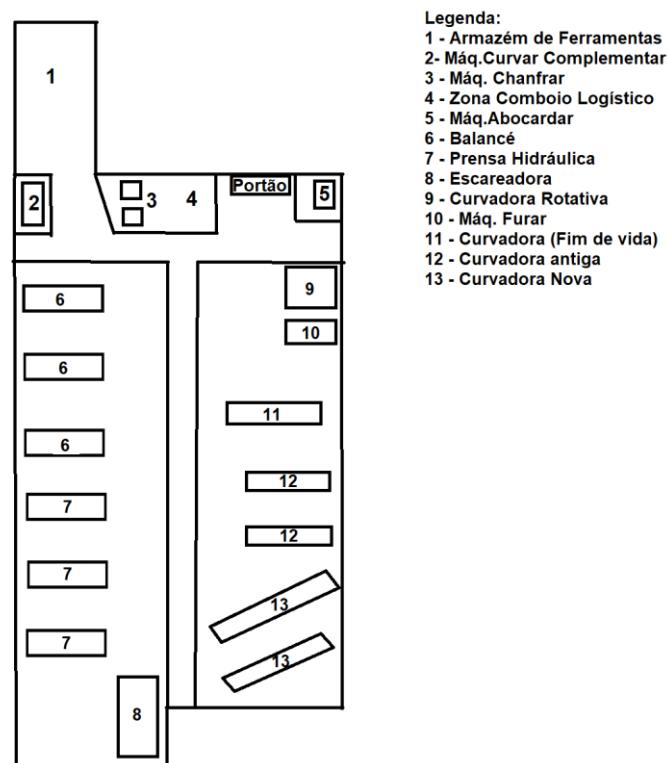


Figura 25 - Layout atual estampagem e curvatura

É fácil observar a distância do armazém de ferramentas para os balancés e prensas hidráulicas, fator esse que também motivou a procura por uma melhoria neste setor.

Juntando a necessidade de encontrar soluções para anular a dependência de empilhador com a distância do armazém de ferramentas para as máquinas, a melhoria proposta baseia-se numa remodelação do *layout* da zona de estampagem, incorporando estantes complementares junto às máquinas com as ferramentas mais utilizadas para minimizar os deslocamentos e ao mesmo tempo englobando soluções que possibilitem um manuseamento das ferramentas fácil e seguro para os operadores.

Inicialmente foi feita uma medição das máquinas e áreas envolventes. Estas áreas englobam a área de trabalho, zona de matéria prima e zona de produto acabado. Após obter o espaço ocupado por cada máquina e o espaço total da zona de estampagem, procedi ao desenho do novo *layout*, tendo como base a planta da referida zona e fazendo uma projeção à escala, de maneira a ter uma ideia o mais realista possível de como ficaria a nova disposição.

Como referido, no novo layout pretende-se a inclusão de estantes complementares com o intuito de reduzir a necessidade de ir ao armazém. Para verificar a possibilidade de as incluir, foi verificado quais as ferramentas mais utilizadas, de maneira a concluir se as estantes complementares seriam ou não uma possibilidade. No caso de se verificar o uso de várias ferramentas, o número elevado assim como o espaço ocupado por estas poderia inviabilizar logo à partida a sua implementação. Verificou-se a existência de cerca de 10 ferramentas nas prensas hidráulicas e 8 nos balancés que justificavam a presença contínua ao lado das máquinas. Tendo medido as paletes onde estas se encontram armazenadas atualmente, com medidas de 1 metro por 1 metro, e tendo em conta o espaço disponível e o *layout* que tinha em mente, conclui que seria possível armazenar todas estas ferramentas nas novas estantes. Tendo todos os elementos, foi elaborado o layout, de acordo com a Figura 28.

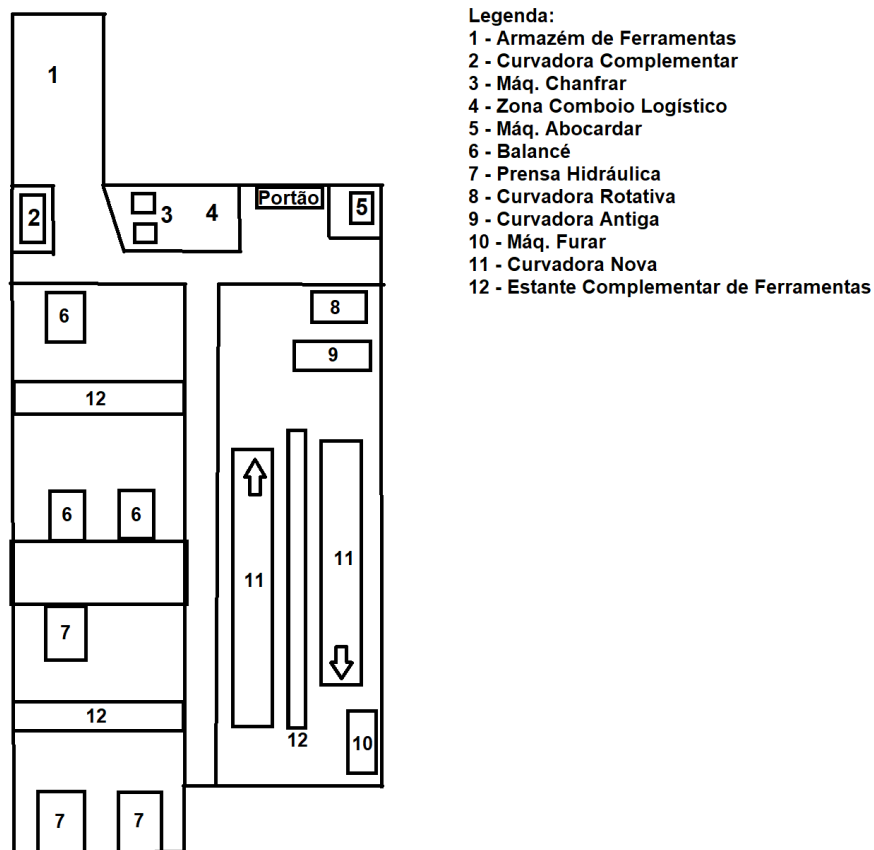


Figura 26 - Layout remodelado

O *layout* apresentado é uma representação mais limpa do desenho inicial, que foi obtido diretamente em cima da planta da secção. Este foi desenhado tendo em conta as medidas originais das máquinas, assim como a escala da planta, de maneira a confirmar a possibilidade da disposição das máquinas obtida.

No *layout* remodelado, propôs-se também a remodelação da zona da curvatura, tendo em conta algumas máquinas que irão sair no futuro (uma das curvadoras antigas e a curvadora em fim de vida) e a complementação de operações entre a máquina de furar (10) e a curvadora nova (11). De referir que as setas indicam a parte da frente das máquinas. A escareadora não foi incluída pois pode ser colocada em vários sítios, consoante a necessidade.

Após ter uma proposta de *layout*, a questão que surgiu foi como se procederia à movimentação das ferramentas das estantes para as mesas das prensas e vice-versa. Estando o espaço a percorrer para ir buscar a nova ferramenta automaticamente reduzido com a implementação das estantes, estas poderiam ser transportadas à mesma da estante para a prensa recorrendo ao empilhador. Porém um

dos objetivos desta proposta passa por eliminar o empilhador da mudança de ferramenta e por isso foram averiguadas outras soluções.

A primeira solução idealizada foi a utilização de um *stacker* (Figura 29) para transportar as ferramentas da estante para a mesa da prensa. Atualmente com o empilhador, os garfos são encostados à mesa da prensa, sendo que o operador só tem de empurrar a ferramenta dos garfos para a mesa, dado o baixo coeficiente de atrito existente nesta.



Figura 27 – Stacker [Fonte: Google]

O princípio do *stacker* seria semelhante, sendo o *stacker* um empilhador manual. O operador só tinha de colocar os garfos do *stacker* na paleta onde estivesse a ferramenta desejada, tirar da estante e colocar no chão para transferir a ferramenta da paleta diretamente para o *stacker* e finalmente pousá-la e posicioná-la na mesa da prensa.

Sendo esta uma solução viável que não envolveria um empilhador, continua a haver a necessidade de o operador realizar esforço a empurrar e puxar a ferramenta, quer da paleta onde esta se encontra arrumada para os garfos do *stacker*, quer dos garfos do *stacker* para a mesa da prensa. Sendo o bem-estar do operador um ponto crucial, tentou-se arranjar alguma solução que facilitasse o transporte da ferramenta da estante para a mesa da prensa, assim como o manuseamento necessário para a posicionar.

A solução poderia passar por um sistema de roletos pneumáticos que seriam instalados nas prateleiras das estantes e nas calhas das mesas das prensas (Figura 30).

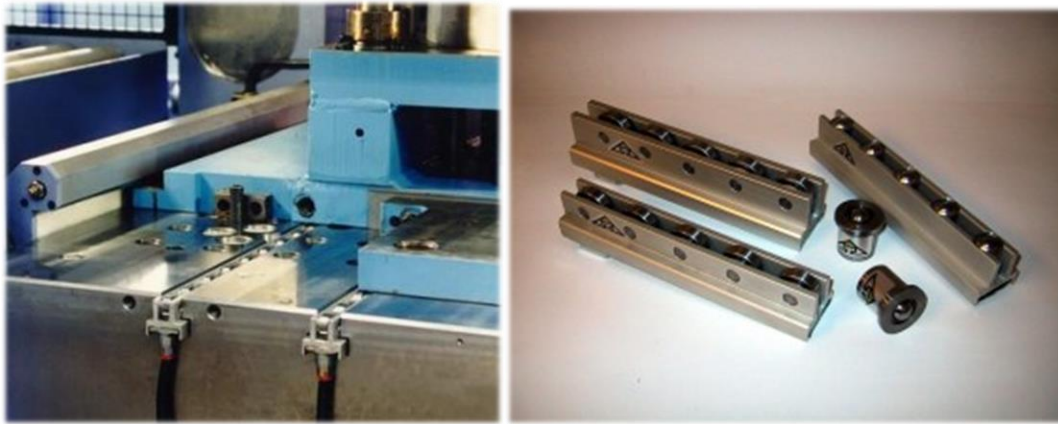


Figura 28 - Sistema de roletos inseridos nas calhas da mesa da prensa [Fonte: AGAB Die Lifters]

Se aliado a este sistema de roletos nas prensas e nas estantes for usado uma mesa de transporte com roletos (Figura 31), que serviria para movimentar a ferramenta da estante para mesa e vice-versa, o operador só teria de empurrar a ferramenta para onde fosse preciso, sendo o esforço associado muito reduzido.



Figura 29 - Mesa de transporte [Fonte: Google]

Relativamente aos ganhos associados a esta melhoria, inicialmente procedeu-se à medição da distância percorrida atualmente pelo operador entre a máquina e o armazém de ferramentas. Tendo em conta o *layout* atual da Figura 27, começando na prensa hidráulica (7) junto à Escareadora (8) e indo até ao Balancé 6 mais acima, as distâncias são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 – Distâncias até ao armazém de ferramentas

Máquina	Distância a percorrer
Prensa Hidráulica (junto à Máquina 8)	35 metros
Prensa Hidráulica (meio)	30 metros
Prensa Hidráulica (cima)	25 metros
Balancé (baixo)	23 metros
Balancé (meio)	20 metros
Balancé (cima)	18 metros

Tendo em conta que numa mudança de ferramenta tipicamente são efetuadas cerca de 4 viagens ao armazém (ir buscar ferramenta nova, voltar para a máquina, ir arrumar ferramenta anterior, voltar), é fácil ver o ganho ao ter uma estante a poucos metros da máquina com a ferramenta necessária, sendo a distância a percorrer para ir buscar novas ferramentas e arrumar as retiradas da máquina vestigial, comparando com as distâncias percorridas atualmente.

Relativamente ao ganho de tempo ao implementar esta medida, tomaram-se como base os tempos das tarefas de ir buscar a ferramenta nova e ir arrumar a ferramenta desmontada, assim como o tempo de ir buscar o empilhador, ambos presentes nas tabelas das tarefas das mudanças de ferramentas apresentadas anteriormente. De referir que a tarefa ir buscar empilhador só aparece referenciada nas prensas hidráulicas uma vez que nos balancés nem sempre é necessário a utilização do empilhador, visto que a altura da mesa destes é mais baixa. Normalmente usa-se uma mesa de transporte para transportar e transferir a ferramenta. Porém considerei o uso de empilhador nos dois tipos de máquina.

Na Tabela 11 estão demonstrados os ganhos associados a estas tarefas.

Tabela 11 – Ganhos de tempo no transporte de ferramenta

Tarefa	Antes	Depois
Ir buscar ferramenta nova	2.25 min	30 seg a 1 min
Ir arrumar ferramenta anterior	2.9 min	30 seg a 1 min
Ir buscar empilhador	10 min	0 min

Os ganhos de tempo passam facilmente os 50%, uma vez que são diretamente proporcionais com a distância percorrida para ir buscar as ferramentas. O operador só tem de se virar para trás e “deslizar” a ferramenta da estante para a mesa e de seguida da mesa para a prensa. De referir que provavelmente seria necessário ter duas mesas de apoio, visto que ao ir buscar a nova ferramenta, esta ficaria em espera até que a ferramenta anterior fosse retirada para uma segunda mesa de apoio e posteriormente arrumada.

Capítulo 5 – Conclusão

5.1. Reflexão sobre o trabalho realizado

No desenvolvimento deste trabalho, o objetivo inicial seria pôr em prática conceitos adquiridos no curso de Engenharia e Gestão Industrial. O projeto realizado na empresa Ciclo Fapril teve início sem que houvesse uma necessidade imediata da empresa em relação a algum aspeto específico. Em vez disso, a empresa deu a possibilidade de passar por um período de adaptação, de maneira a poder conhecer a realidade da mesma, e a poder tirar conclusões relativamente a uma temática com potencial de exploração.

Durante o referido período de adaptação houve a perceção de alguns problemas relativamente ao planeamento da produção nas diversas áreas da fábrica, impeditivos de uma produção contínua e fluída no dia-a-dia. Rapidamente foi possível estabelecer o verdadeiro objetivo deste projeto: o aumento da produtividade com o objetivo de reduzir a taxa de incumprimento de encomendas recebidas durante o ano de 2018.

Com o intuito de atuar sobre o problema encontrado, foram selecionadas como ferramentas de intervenção as propostas pelo conceito do *Lean Thinking*, em particular a Melhoria Contínua. De maneira a identificar as causas deste problema, e para um posterior acompanhamento da evolução das soluções propostas, foi utilizado como indicador de performance o OEE dos diferentes equipamentos.

Verificaram-se valores do OEE bastante abaixo dos valores considerados ideais e, por isso, uma necessidade urgente de eliminar fontes de desperdício de tempo nas diversas operações realizadas e assim aumentar a produtividade em geral. Tendo em conta os componentes do OEE, as perdas de disponibilidade revelaram-se como a principal fonte de desperdício.

Tendo em conta as diversas secções da Ciclo Fapril e a abrangência de cada uma no processo produtivo, as soluções propostas para este problema envolveram a secção de Soldadura e a Fábrica de Tubo.

Apesar do problema identificado, na Ciclo Fapril foi possível observar um estado de grande organização, havendo muito trabalho realizado no que diz respeito a bordos de linha, definição das áreas de trabalho e áreas envolventes e modos operatórios em todas as máquinas, assim como a identificação de tudo com que nos deparamos, permitindo assim que os colaboradores tenham todas

as condições para realizar o seu trabalho da melhor forma possível, sejam eles operadores de chão de fábrica ou engenheiros.

O foco centrou-se, por isso, noutras ferramentas *Lean* que pudessem influenciar a produtividade da fábrica e aumentar o tempo de abertura do planeamento da produção. Sendo a flexibilidade uma das garantias da Ciclo Fapril para com os clientes, existe de momento um *mix* muito grande de produtos em catálogo. Uma vez que a cada produto vai corresponder um gabarit de soldadura, no caso dos robôs de soldadura, ou uma ferramenta, no caso das prensas e curvadoras da fábrica de tubo, optou-se pela análise SMED com o intuito de tentar encontrar maneiras de ganhar tempo nas mudanças de ferramentas e, desse modo, aumentar a flexibilidade e produtividade.

A secção de Soldadura apresentou-se como uma área muito intervencionada e, portanto, o trabalho no SMED centrou-se mais na fábrica de tubo, mais concretamente nas prensas e curvadoras.

No final, foi possível identificar algumas potenciais ações de melhoria, tanto na fábrica de tubo como na soldadura. Porém, a implementação destas ações não foi possível no decorrer do projeto.

Em jeito de reflexão crítica, os resultados obtidos apresentam-se como aproximados do que realmente pode ser obtido com a implementação das medidas sugeridas. Isto deve-se muito ao facto de que para se obter resultados o mais próximos da realidade, é necessário realizar várias observações de maneira a conseguir cobrir o máximo número de cenários possíveis.

O que aconteceu foi que durante o tempo deste projeto, nem tudo correu de forma linear, e entre o período de adaptação necessário ao ambiente da empresa, trabalhos a realizar de outras unidades curriculares, trabalhos a realizar na empresa fora do âmbito do projeto e, no geral, dúvidas e incertezas em relação ao tema a abordar para o presente relatório, o tempo despendido na tarefa de recolha de dados não foi o ideal e a precisão dos dados obtidos poderia ser melhor.

No final, conclui-se que a Melhoria Contínua é de facto uma mentalidade crucial para qualquer tipo de empresa que envolva a produção de bens, e que exige um envolvimento coletivo, assim como um acompanhamento constante do que acontece no dia-a-dia, de maneira a normalizar e otimizar todas as tarefas a executar e reduzir ao máximo os tempos improdutivos.

Em relação ao trabalho desenvolvido, este teria sido muito facilitado se a empresa tivesse logo de início um objetivo em concreto. Porém, após ter experienciado tudo o que foi possível, não restam dúvidas que o conhecimento adquirido, não só a nível técnico, mas também na forma de *soft skills*, não seria o mesmo. As oportunidades de melhoria apresentadas para a mudança de ferramentas, nomeadamente a reformulação do *layout* da zona de estampagem, são medidas visualizadas por mim

e discutidas com os diretores das secções e direção industrial, e, portanto, teria muito interesse em ver, nem que fosse parte delas, implementadas e a surtir resultados positivos.

A experiência na Ciclo Fapril foi sem dúvida positiva, tendo encontrado uma empresa que, ainda que num estado de organização muito acima da média, tem algumas debilidades. No entanto, a união e o talento do grupo de pessoas que conheci é mais que suficiente para as ultrapassar. O caminho percorrido diariamente levou-me para um trabalho que desenvolvi com total agrado pelo que me foi permitido aprender. As pessoas com quem desenvolvi este trabalho foram uma ajuda de extrema importância e, no fim, ficam algumas amizades. Saio com um sentimento de pertença e com pena de não ter conseguido fazer mais, mas com vontade de muito mais concretizar. Ganhei o gosto pelo dia-a-dia numa fábrica e pela tarefa constante de acompanhamento de tudo o que acontece, com o intuito de encontrar pontos a melhorar e no final poder observar os resultados.

5.2. Desenvolvimentos Futuros

Como trabalho futuro fica a necessidade de dar continuidade e sistematizar a análise de todas as tarefas envolvidas nas mudanças de ferramentas, para a implementação das oportunidades de melhoria propostas e melhoria contínua dos tempos associados, potenciando os ganhos daí decorrentes. É necessário trabalhar com empenho de maneira a demonstrar a mais valia destas melhorias aos operadores, que são os principais intervenientes. É necessário formar e estimular todos que se empenhem, de maneira a conseguir reter ao máximo o conhecimento e talento existente.

Além da metodologia SMED, o planeamento da produção é uma área que necessita de desenvolvimento na Ciclo Fapril, e, portanto, o estudo de ferramentas informáticas que permitam dar à produção informação detalhada e em tempo real de tudo o que está a acontecer no chão de fábrica é essencial, assim como a realização de previsões mais detalhadas.

De notar também uma ação pendente, relativamente à adaptação de uma máquina de curvar para esta começar a produzir um componente até agora comprado. Sendo a peça feita em arame e não tubo, será necessário a realização de um estudo relativamente aos custos associados à produção do componente na referida máquina, de maneira a justificar a sua produção em vez da sua aquisição. A concretizar-se, é necessário proceder à realização do respetivo modo operativo, assim como definir stocks mínimos de matéria prima, planeamento de produção, entre outros.

Por fim, fica também presente a necessidade de atuar sobre as condições térmicas da Fábrica de Tubo, havendo necessidade de encontrar medidas que permitam o isolamento mais eficaz de toda aquela secção. Sendo isto alcançado, a produtividade poderá ser mais estável ao longo de todo o ano.

Referências Bibliográficas

- Alefari, M., Salonitis, K., & Xu, Y. (2017). The Role of Leadership in Implementing Lean Manufacturing. *Procedia CIRP*, 63, 756–761. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.169>
- Bellgran, M., & Säfssten, K. (2009). From Business Plans to Production. In *Production Development*. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-495-9_3
- Ferradás, P. G., & Salonitis, K. (2013). Improving changeover time: A tailored SMED approach for welding cells. *Procedia CIRP*, 7, 598–603. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.06.039>
- Gest, G., Culley, S. J., McIntosh, R. I., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (1995). Review of fast tool change systems. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 8(3), 205–210. [https://doi.org/10.1016/0951-5240\(95\)00011-H](https://doi.org/10.1016/0951-5240(95)00011-H)
- Ghinato, P. (2000). *Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção*.
- Hamid, R.A. (2011) Factors influencing the success of lean services implementation: conceptual framework. 2nd ICBER. Langkawi Kedah Malaysia;
- Karam, A. A., Liviu, M., Cristina, V., & Radu, H. (2018). The contribution of lean manufacturing tools to changeover time decrease in the pharmaceutical industry. A SMED project. *Procedia Manufacturing*, 22, 886–892. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.03.125>
- Kotter John P. (1995). Leading Change: Why Transformation Efforts Fail. *Harvard Business Review*, (March-April), 57–68. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer Chapter 6 - The Toyota Way in Action: New Century, New Fuel, New Design Process Prius Part Two -The Business Principles of the Toyota Way Section I -Long-Term Philosophy* (Vol. 2004). Retrieved from [http://dspace.elib.ntt.edu.vn/dspace/bitstream/123456789/8118/1/The Toyota Way.pdf](http://dspace.elib.ntt.edu.vn/dspace/bitstream/123456789/8118/1/The%20Toyota%20Way.pdf)
- Liker, J.K., & Convis, G.L. (2012). *The Toyota way to lean leadership*. New York: McGraw-Hill.
- McIntosh, R.I., Culley, S.J., Mileham, A.R., & Owen, G.W. (2001). Improving changeover performance. A strategy for Becoming a Lean, Responsive Manufacturer. Elsevier, Ltd.
- Nakajima, S. (1988). Introduction to TPM: Total Productive Management. *Massachusetts Productivity Press*.
- Ohno, T. (1997). "O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala" Consultado a 2 de Março de 2019, em <https://www.scribd.com/doc/22108065/Taiichi-Ohno-O-Sistema-Toyota-de-Producao-1>

Ortiz, C. A. (2006) *Kaizen Assembly: designing, constructing and managing a lean assembly line*. CRC Taylor & Francis

Reik, M. P., McIntosh, R. I., Culley, S. J., Mileham, A. R., & Owen, G. W. (2006). A formal design for changeover methodology. Part 1: Theory and background. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 220(8), 1225–1235. <https://doi.org/10.1243/09544054JEM527>

Sherali, H.D., Goubergen, D.V., & Landeghem, H.V. (2008). A quantitative approach for scheduling activities to reduce set-up in multiple machine lines. *European Journal of Operational Research* 187, pp. 1224 1237

Shingo, S. (1996). "O sistema Toyota de Produção – Ponto de vista de engenharia da produção" Consultado a 26 de Fevereiro de 2019, em <https://www.scribd.com/document/213342621/sistema-toyta-de-producao-engenharia-de-producao>

Shingo, S. (2000). *Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas: Uma revolução nos sistemas produtivos*. Porto Alegre, Bookman.

Shingo, S., 1985. "A revolution in manufacturing: The SMED system." Consultado a 15 de Março de 2019, em <https://www.scribd.com/doc/119773674/Shigeo-Shingo-A-Revolution-in-Manufacturing-The-Smed-System>

Silva, J. (2009). "OEE – A forma de medir a eficácia dos equipamentos." Consultado a 5 de Março de 2019, em <http://pt.scribd.com/doc/15122575/OEE-A-FORMA-DE-MEDIR-AEFICACIA-DOS-EQUIPAMENTOS>

Tsarouhas, P. (2007). Implementation of total productive maintenance in food industry: A case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(1), 5–18. <https://doi.org/10.1108/13552510710735087>

van Dun, D. H., Hicks, J. N., & Wilderom, C. P. M. (2017). Values and behaviors of effective lean managers: Mixed-methods exploratory research. *European Management Journal*, 35(2), 174–186. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2016.05.001>

Womack J. P., J. D. e. R. D. (1990). "The Machine that Changed the World: The Story of Lean Production" Consultado a 4 de Março de 2019, em <https://www.scribd.com/document/62769873/The-Machine-That-Changed-the-World>


Womack, J. P., Jones, D. T. (2003). "Lean Thinking – Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation" Consultado a 6 de Março de 2019, em <https://www.scribd.com/read/224258693/Lean-Thinking-Banish-Waste-and-Creat-Wealth-in-Your-Corporation#>

Anexos

Anexo A: Análise de perdas no OEE [Fonte: Silva (2009)]

Perdas	Ocorrências	Consequências	Observações
1- Avarias	<ul style="list-style-type: none"> Avaria mecânica, eléctrica ou de outros sistemas que provoquem a interrupção da produção Falha geral do equipamento Quebra de ferramentas Paragens não planeadas para intervenções de manutenção Falhas de energia/utilidades 	Reduzem o tempo disponível para o equipamento produzir ou operar	Consideram-se paragens superiores a 5-10 minutos, registadas pelo operador ou automaticamente
2- Mudança, afinação e outras paragens	<ul style="list-style-type: none"> Mudança de produto Aquecimento/arrefecimento para mudança de ferramentas Substituição de ferramentas de desgaste Paragens para limpeza Falta de materiais Falta de operador 		As perdas por mudança são reduzidas ou eliminadas pela implementação de técnicas SMED
3- Pequenas paragens	<ul style="list-style-type: none"> Limpeza e pequenos ajustes Obstrução no fluxo de produto a montante ou jusante Falha na alimentação de materiais Substituição de ferramentas de desgaste pelo operador Verificação/regulação de parâmetros 	Afectam a eficiência do equipamento, não permitindo que ele funcione no tempo de ciclo nominal	Paragens inferiores a 5 -10 minutos e que não requerem intervenção de pessoal da manutenção, normalmente não registadas pelo operador
4- Redução de velocidade	<ul style="list-style-type: none"> Funcionamento abaixo da velocidade especificada Funcionamento irregular Incapacidade do operador em garantir o funcionamento regular 		Todas as ocorrências que impossibilitem produzir à velocidade máxima especificada para o produto
5- Defeitos e retrabalho	<ul style="list-style-type: none"> Sucata Produto fora de especificação Retrabalho do produto Montagem incorrecta Componente incorrecto Falta de componentes 	Reduzem a quantidade de produto que cumpre as especificações à primeira	Produto rejeitado durante o funcionamento normal do equipamento
6- Perdas de arranque	<ul style="list-style-type: none"> Sucata Produto fora de especificação Retrabalho do produto 		Produto rejeitado durante a fase de arranque ou paragem do equipamento, devido a causas normais (pré-aquecimento) ou a erros de afinação

Anexo B: Template Folha de medição de tempos

		MATRIZ RECOLHA TEMPOS					
		POSTO:					
		OF/ref inicial:					
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1						0	
2						0	
3						0	
4						0	
5						0	
6						0	
7						0	
8						0	
9						0	
10						0	
11						0	
12						0	
13						0	
14						0	
15						0	
16						0	
17						0	
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

Anexo C: Tempos de Mudança de Ferramenta – Curvadora Rotacional

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			BLM 345		
		OF/ref inicial:			30903046		
		OF/ref final:			30903408		
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Última peça			18		18	Int
2	Falar com Rui		1	57		117	Ext
3	Fazer registo		1	8		68	Ext
4	Abrir ferramenta			28		28	Ext
5	Trocar rolos		1	31		91	Int
6	Trocar maxila		3	6		186	Int
7	Mudar roletos			55		55	Int
8	Tirar pinça			50		50	Int
9	Soprar			8		8	Int
10	Colocar outra pinça			38		38	Int
11	Puxar carro de troca de ferramentas à frente		1			60	Ext
12	Colocar vara		1	23		83	Int
13	Puxar carro de troca de ferramentas atrás			20		20	Ext
14	Mudar Broca		1	10		70	Int
15	Puxar programa		1	38		98	Int
16	Falar com colega			21		21	Ext
17	Produzir 1ª peça			14		14	Int
18	Fazer controlo no gabarit			25		25	Ext
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			BLMROT		
		OF/ref inicial:					
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	ferramenta B208		4	22	montagem	262	tm
2	posicionar máquina		2	14		134	int
3	retirar ferramentas		1	26		86	int
4	retirar pinça		3	23		203	int
5	buscar ferramentas		2	55		175	pext
6	colocar ferramentas		3	31		211	int
7	movimentar máquina			10		10	int
8	colocar maxila			31		31	int
9	colocar roletes e régua		5	49	.+ trocar roletes do suporte	349	int
10	selecionar programa			30		30	pext
11	reunião 5s's		13	1		781	tm
12	ajuste alimentador		7	17		437	int
13	colocar batente			29		29	int
14	buscar tapete		2	21		141	pext
15	buscar mesa de apoio		1	37		97	pext
16	buscar gabarit de contr.			40	estava próximo do equipamento	40	pext
17	controlo + ajustes		6	24		384	int
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

		MATRIZ RECOLHA TEMPOS					
		POSTO: BLMROT					
		OF/ref inicial:					
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	procurar OF		1	21		81	pext
2	selecionar programa			59		59	int
3	posicionar máq			28		28	int
4	buscar chaves			16		16	pext
5	desmontar ferr		3	51		231	int
6	troca OF		1	40		100	tm
7	buscar carrinho			34		34	pext
8	arrumar fer		2	1		121	pext
9	buscar ferr		1	43		103	pext
10	montar ferr		3	59		239	int
11	trocar rolos regua		4			240	pext
12	montar ferr			29		29	int
13	gab controlo			42		42	pext
14	ajuste alimentador		6	44		404	int
15	ensaio 1		2	50		170	int
16	ensaio 2		2	36		156	int
17	buscar tubo		6	51		411	pext
18	produção em série			35		35	int
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

		MATRIZ RECOLHA TEMPOS						
		POSTO:			BLMROT			
		OF/ref inicial:						
		OF/ref final:			pedro brenha			
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup	
1	buscar ferr + gab		4	30		270	ext	
2	ident of			25		25	pext	
3	posicionar maquina		1	7		67	int	
4	lixa peça of anterior		1	43		103	pext	
5	arr layout			46		46	pext	
6	tirar ferramentas		1	34		94	int	
7	trocar ferr		5	21		321	int	
8	rolo nylon			47		47	int	
9	posicionar maquina			38		38	int	
10	trocar broca e pinça		3	30		210	int	
11	ajustar alimentador		6	39		399	int	
12	arrumar tapete		2	7		127	pext	
13	ensaio+ajustes		20	30		1230	int	
14						0		
15						0		
16						0		
17						0		
18						0		
19						0		
20						0		
21						0		
22						0		
23						0		
24						0		
25						0		
26						0		
27						0		

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			BLMROT		
		OF/ref inicial:					
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	desdobramento of			31		31	pext
2	registo of			44		44	pext
3	iFapril			42		42	pext
4	touch		1	18		78	pext
5	arrumar layout		3			180	pext
6	posicionar máquina			26		26	int
7	ferramentas nec			13		13	pext
8	trocar rolo		1	9		69	int
9	trocar maxila regua		4	37		277	int
10	trocar broca		1	38		98	int
11	trocar pinça		1	49		109	int
12	trocar rolete		1	4		64	int
13	verificar programa		2	7		127	int
14	ajuste alimentador		5	5	pode ser feito pelo operador???	305	int
15	ensaio 1		2	20		140	int
16	buscar gab controlo		3	24		204	pext
17	ensaio ao gab		1	7		67	int
18	ajustes		2	10		130	int
19	ajustes		2	16		136	int
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			BLMROT		
		OF/ref inicial:			pedro brenha		
		OF/ref final:			semi barreiras HR		
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	mov máq		1	23		83	int
2	desap ferr		1	6		66	int
3	ret pinça		1	26		86	int
4	arr fer		1	1		61	pext
5	buscar ferr		1	54		114	pext
6	montar pinça		2	27		147	int
7	trocar roletos		5	30		330	pext
8	montar rolo maxila reg		1	50		110	int
9	buscar peças			50		50	pext
10	ajustar alimentador		7	25		445	int
11	buscar tapete		1	3		63	pext
12	gab controlo			45		45	pext
13	ensaio + ajustes		9	32		572	int
14						0	
15						0	
16						0	
17						0	
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

		MATRIZ RECOLHA TEMPOS						
		POSTO:			BLMROT			
		OF/ref inicial:						
		OF/ref final:						
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup	
1	ajustar alimentador		2	2		122	int	
2	trocar rolo			47		47	int	
3	trocar rolete			58		58	int	
4	trocar régua+maxila		1	34		94	int	
5	trocar pinça		2	4		124	int	
6	colocar broca		1	26		86	int	
7	ajustar alimentador		3	9		189	int	
8	selecionar programa			53		53	int	
9	ensaio		5	43		343	int	
10						0		
11						0		
12						0		
13						0		
14						0		
15						0		
16						0		
17						0		
18						0		
19						0		
20						0		
21						0		
22						0		
23						0		
24						0		
25						0		
26						0		
27						0		

Anexo D: Tempos de Mudança de Ferramenta – Curvadoras Novas

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			AMOB 350		
		OF/ref inicial:					
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Aperto e Encosto a 0			30		30	int
2	Abrir cabeça vertical e horizontal			45		45	int
3	Recolher mandril e empurrador			45		45	int
4	Ir buscar carro de apoio		1			60	ext
5	Reunir ferramentas		1			60	ext
6	Soprar limalhas da máquina		1			60	int
7	Ir buscar guindaste			30		30	ext
8	Retirar varão			45		45	int
9	Mudar régua		8			480	int
10	Retirar rolo		2			120	int
11	Mudar maxila		2			120	int
12	Mudar veio e rolo		7			420	int
13	Mudar mandril e pinça		8			480	int
14	Tempo não produtivo		10			600	Tm
15	Tempo até iniciar produção	2	45			9900	ext
16	Tempo entre fim de produção e início da mudança de ferramenta		30			1800	ext
17						0	
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			AMOB 351		
		OF/ref inicial:					
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Tempo entre fim de produção e início da mudança de ferramenta		10			600	tm
2	Limpar e preparar máquina		4			240	int
3	Reunir ferramenta		2			120	ext
4	Mudar ferramenta		51			3060	int
5	Retificação de ferramenta		45			2700	int
6	Programação		5			300	ext
7	Ir buscar gabarit de controlo		2			120	ext
8	Tempo improdutivo		12			720	tm
9	Afinação da máquina	1	45			6300	int
10						0	
11						0	
12			7			437,14	
13						0	
14						0	
15						0	
16						0	
17						0	
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

Anexo E: Tempos de Mudança de Ferramenta – Curvadoras Antigas

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			AMOB 1 (grande)		
		OF/ref inicial:			13902395C_0C		
		OF/ref final:			30401761D/E		
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Arrumar layout		2	5		125	pext
2	referencia máq			56		56	int
3	desmontar ferr		7	20		440	int
4	caminho ocupado		2	55	comboio logístico	175	tm
5	arrumar ferramentas		2	32		152	pext
6	buscar ferramenta		3	32	.+ buscar contentor p peças	212	pext
7	montar ferramenta		4	23		263	int
8	trocar broca		3	54		234	int
9	escolher programa		1	9		69	int
10	ajustes posição broca		6	19		379	int
11	ensaio e ajustes		2	25		145	int
12						0	
13						0	
14						0	
15						0	
16						0	
17						0	
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:			AMOB 1		
		OF/ref inicial:			10901016		
		OF/ref final:			30902863_OA		
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Máquina Inativa	48					TM
2	Soprar			25		25	Ext
3	Buscar pano			26		26	Ext
4	Tirar barras		1	46		106	Int
5	Trocar rolo			13		13	Int
6	Trocar maxila			14		14	Int
7	Trocar régua		1	28		88	Int
8	Atender telefone			16		16	TM
9	Falar com Emre			25		25	TM
10	Afinar máquina		1	50		110	Int
11	Atender telefone			15		15	TM
12	Afinar máquina		2	1		121	Int
13	Colocar barras			53		53	Int
14	Desapertar carro eixo x		1			60	Int
15	Tirar broca			59		59	Int
16	Trocar pinça		1	49		109	Int
17	Trocar vara		1	8		68	Int
18	Colocar broca		1	23		83	Int
19	Ver cota da broca			12		12	Int
20	Afinação cota broca		1	6		66	Int
21	Alinhamento carro eixo x		1	15		75	Int
22	Puxar programa		1	15		75	Int
23	Produzir peça			49		49	Int
24	Crontolar peça no gabarit			27		27	Ext
25	Verificar parâmetros			51		51	Ext
26	Produzir outra peça			42		42	Int
27	Crontolar peça no gabarit - O.K.			12		12	Ext

<div></div>		MATRIZ RECOLHA TEMPOS					
		POSTO:		AMOB 2			
		OF/ref inicial:					
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Desapertar e tirar barras de compensação		1	15		75	int
2	Reitrar rolo e régua			20		20	int
3	Retirar pinça			40		40	int
4	Desapertar varão e retirar mandril		1	20		80	int
5	Desapertar cabeça		1			60	int
6	Soprar limalhas da máquina			20		20	int
7	Ir buscar ferramentas		2	35		155	ext
8	Montar rolo, régua e maxila e ajustar máquina		4	50		290	int
9	Tocar varão e montar pinça e mandril		3	10		190	int
10	Alinhar e apertar tudo		2	20		140	int
11	Carregar programa da peça a produzir		2			120	int
12	Tempo até começar a mudança		30			1800	ext
13	Tempo até nova produção	3				10800	tm
14						0	
15						0	
16						0	
17						0	
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

85

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:		B202			
		OF/ref inicial:		10901014			
		OF/ref final:					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Identificar OF			59		59	pext
2	arrumar peças			47		47	pext
3	arrumar gabarit controlo		2	2		122	pext
4	inserir dados touch		1	24		84	pext
5	dados iFapril		1	25		85	pext
6	limpar ferramenta			54		54	int
7	desapertar ferramenta		2	35		155	int
8	buscar carrinho		1			60	pext
9	retirar ferramenta			48		48	int
10	arrumar ferramenta		2	25		145	pext
11	buscar ferramenta		1	53		113	pext
12	limpar layout		2	12		132	pext
13	limpar máquina			43		43	pext
14	mudar curso máquina		4	31		271	int
15	colocar ferramenta		1	3		63	int
16	montar ferramenta		3	51		231	int
17	ensaio sem peça		1	11		71	int
18	montar apoios		3	56		236	int
19	arrumar novas peças		1	21		81	pext
20	montar apoios		4	54		294	int
21	arrumar carrinho		1	55		115	pext
22	lubrificar ferramenta			45		45	int
23	ensaio		1	43		103	int
24	controlo		1	11		71	int
25	apertar curso			55		55	int
26	ensaio			28		28	int
27	controlo		1	4		64	int
						0	
						0	
						0	
						0	
						0	

Anexo G: Tempos de Mudança de Ferramenta – Prensas Hidráulicas

MATRIZ RECOLHA TEMPOS							
		POSTO:		Prensa hidráulica 223			
		OF/ref inicial:		22902287			
		OF/ref final:		10901969_Oc			
		Data					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Arrumar peças		1	0		60	Pext
2	Arrumar layout		1	0		60	Pext
3	Desmontar sistema pneumático		1	48		108	Int
4	Arrumar sistema pneumático		1	59		119	Int
5	Desapertar nariz		2	10		130	Int
6	Desapertar 2 apertos ferramenta		2	6		126	Int
7	Posicionar ferramenta para retirar		1	18		78	Int
8	Buscar empilhador + palete		1	30		90	INT
9	Colocar ferramenta na paleta		2	0		120	Int
10	Limpar mesa trabalho		1	27		87	Int
11	Limpar zona envolvente		3	0		180	Pext
12	Levar ferramenta		1	40		100	Pext
13	Trazer ferramenta		2	46		166	Pext
14	Colocar ferramenta na mesa		8	25		505	Int
15	Ajustar posição ferramenta		4	43		283	Int
16	Apertar nariz		0	45		45	Int
17	Apertar 2 apertos ferramenta		5	30		330	Int
18	Testar ferramenta + apertar cabeçote		3	52		232	Int
19	Ajustar contador		3	42		222	Int
20	Buscar gabarit controlo		5	8		308	Pext
21	Buscar carrinhos		4	11		251	Pext
22	Colocar material carrinho		1	33		93	Pext
23	Arrumar layout+buscar 2 paletes		17	0		1020	Pext
24	Preparar paletes		4	30		270	Pext
25	Preparar of		4	0		240	Pext
26	Ensaio		3	58		238	Int
27	Controlo gabarit		2	0		120	Int

<div></div>		MATRIZ RECOLHA TEMPOS						
		POSTO:			Prensa hidráulica 190			
		OF/ref inicial:			10901495			
		OF/ref final:			10901493			
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup	
1	arrumar peças		4	50		290	pext	
2	quadro iFapril		2	10		130	pext	
3	desimpedir espaço		1	25		85	pext	
4	limpar ferramenta			37		37	pext	
5	fechar ferramenta			14		14	int	
6	desapertar ferramenta		1	23		83	int	
7	buscar ferramenta nova		2	8		128	pext	
8	retirar ferramenta		2	8		128	int	
9	colocar ferramenta		1	12		72	int	
10	arrumar ferramenta 1		2	22		142	pext	
11	ajudar arrumar serrote			37		37	tm	
12	fechar portão			27		27	tm	
13	posicionar ferramenta			38		38	int	
14	apertar ferramenta		2	15		135	int	
15	trocar batente tubo			58		58	pext	
16	ajuste curso		1	27		87	int	
17	ensaio			38		38	int	
18	ensaio 2			55		55	int	
19						0		
20						0		
21						0		
22						0		
23						0		
24						0		
25						0		
26						0		
27						0		

		MATRIZ RECOLHA TEMPOS					
		POSTO:			Prensa hidráulica 190		
		OF/ref inicial:			10901493		
		OF/ref final:			30491399		
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Identificar OF		2	34		154	pext
2	Touch		1	4		64	pext
3	tirar barras segurança			49		49	int
4	arrumar layout		2	5		125	pext
5	limpar ferramenta			43		43	pext
6	desapertar ferramenta		1	57		117	int
7	espera empilhador		7	20		440	tm
8	retirar cabeçote			50		50	int
9	arrumar cabeçote		1	10		70	pext
10	buscar palete ferr1		1	4		64	pext
11	retirar ferramenta		1	19		79	int
12	ajustar máquina			40		40	int
13	arrumar ferramenta		2	18		138	pext
14	buscar ferramenta nova		1	8		68	pext
15	colocar ferramenta		4	27		267	int
16	arrumar gab controlo			40		40	pext
17	arrumar palete ferr2		2	24		144	pext
18	posicionar ferr2		1	35		95	int
19	acessórios aperto		2	45		165	pext
20	apertar ferr2		5	35		335	int
21	ajustes máq		2	22		142	int
22	ensaio		1	5		65	int
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

		MATRIZ RECOLHA TEMPOS					
		POSTO:		Prensa hidráulica 190			
		OF/ref inicial:		30491882/81			
		OF/ref final:		30903387E			
		Data					
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup
1	Desapertar nariz		2	0		120	Int
2	Desapertar Apertos		2	30		150	Int
3	Buscar empilhador e paleta		4	0		240	Pext
4	Colocar ferramenta nos garfos empilhador		0	30		30	Int
5	Colocar na p+eleta		0	35		35	Int
6	Arrumar peças ref. Anterior		1	23		83	Pext
7	arrumar ferramenta no armazem		2	20		140	Pext
8	Buscar ferramenta á ferramentaria		2	53		173	Pext
9	Colocar ferramenta na mesa		2	5		125	Int
10	arrumar empilhador		0	48		48	Pext
11	Ajustar posição da ferramenta		0	50		50	Int
12	Apertar nariz		1	23		83	Int
13	colocar apertos		5	23		323	Int
14	olear ferramenta		1	59		119	Int
15	Ajustar curso		1	0		60	Int
16	Buscar carrinho peças		0	55		55	Pext
17	ensaios		2	0		120	Int
18						0	
19						0	
20						0	
21						0	
22						0	
23						0	
24						0	
25						0	
26						0	
27						0	

		MATRIZ RECOLHA TEMPOS						
		POSTO:			PH190			
		OF/ref inicial:						
		OF/ref final:						
nº	DESCRIÇÃO OPERAÇÃO	H	M	s	Ocorrências / operações extra	Tempo	Tipo Setup	
1	Limpar Máquina		1	0		60	Int	
2	Reunir ferramentas		1	0		60	Ext	
3	Desapertar ferramenta montada		5	0		300	Int	
4	Ir buscar empilhador		15	0		900	Ext	
5	Arrumar peças retiradas da ferramenta anterior		2	0		120	Int	
6	Ir buscar ferramenta nova e preparar		5	0		300	Ext	
7	Remover ferramenta anterior e limpar mesa		5	0		300	Int	
8	Ir arrumar ferramenta anterior		3	0		180	Ext	
9	Arrumar empilhador		2	0		120	Ext	
10	Arrumar ferramenta de outra mudança		7	0		420	TM	
11	Mudar cabeçote		4	0		240	Int	
12	Montar ferramenta		8	0		480	Int	
13	Testes		7	0		420	Ext	
14						0		
15						0		
16						0		
17						0		
18						0		
19						0		
20						0		
21						0		
22						0		
23						0		
24						0		
25						0		
26						0		
27						0		

Anexo H: Tarefas das Mudanças de Ferramenta (Fábrica de Tubo)

Tarefas Curvadoras antigas

Tarefas	Tipo de Tarefa	Duração média (minutos)
Tempo morto até começar a mudança	Tempo Morto	5,0
Fechar OF anterior, abrir nova OF e inserir dados no touch	Interna	1,6
Arrumar peças	Interna	2,0
Aperto e Encosto a 0	Interna	0,9
Abrir cabeça vertical e horizontal	Interna	1,0
Recolher mandril e empurrador	Interna	1,0
Ir buscar carro de apoio	Interna	1,0
Soprar limalhas da máquina	Interna	1,0
Desapertar barras de compensação	Interna	1,6
Reitar rolo e régua	Interna	1,0
Retirar pinça	Interna	1,2
Desapertar varão e retirar mandril	Interna	1,7
Desapertar carro	Interna	2,2
Ir buscar ferramentas	Interna	4,3
Montar rolo, régua e maxila e ajustar máquina	Interna	3,7
Trocar varão e montar pinça e mandril	Interna	2,1
Alinhar e apertar tudo	Interna	1,8
Ir buscar vagão para produto acabado	Interna	1,8
Carregar programa da peça a produzir	Externa	1,5
Ensaio e Ajustes	Externa	0,9
Tempo morto até nova produção	Tempo Morto	180,0
Tempo Total da Mudança (Horas)		3,6

Tarefas Prensas Hidráulicas

Tarefas	Tipo de Tarefa	Duração média (minutos)
Fechar OF anterior, inserir dados no touch e abrir nova OF	Interna	2,7
Arrumar peças	Interna	2,0
Limpar Máquina	Interna	1,4
Reunir ferramentas	Interna	0,7
Desapertar ferramenta montada	Interna	2,5
Arrumar peças retiradas da ferramenta anterior	Interna	2,1
Ir buscar empilhador	Interna	9,4
Ir buscar ferramenta nova e preparar	Interna	2,7
Remover ferramenta anterior e limpar mesa	Interna	1,6
Ir arrumar ferramenta anterior	Interna	3,0
Arrumar empilhador	Interna	2,1
Montar ferramenta	Interna	3,4
Ir buscar vagão para produto acabado	Interna	1,8
Ajustar Curso	Externa	2,4
Ensaaios	Externa	2,1
Tempo Total da Mudança (minutos)		39,8

Tarefas	Tipo de Tarefa	Duração média (minutos)
Tempo entre fim de produção e início da mudança de ferramenta	Tempo Morto	30,0
Fechar OF anterior, abrir nova OF e inserir dados no touch	Interna	3,2
Arrumar peças	Interna	2,0
Aperto e Encosto a 0	Interna	0,9
Abrir cabeça vertical e horizontal	Interna	1,0
Recolher mandril e empurrador	Interna	1,0
Ir buscar carro de apoio	Interna	1,0
Reunir ferramentas	Interna	1,0
Soprar limalhas da máquina	Interna	1,0
Ir buscar guindaste	Interna	0,5
Retirar varão	Interna	4,0
Mudar régua	Interna	7,6
Retirar rolo	Interna	4,6
Mudar maxila	Interna	4,6
Mudar veio e rolo	Interna	7,1
Mudar mandril e pinça	Interna	7,6
Ir buscar vagão para peças	Interna	1,8
Carregar programa da peça a produzir	Externa	1,5
Ensaio e Ajustes	Externa	105,0
Tempo até iniciar produção	Tempo Morto	165,0
Tempo Total da Mudança (Horas)		5,3

Tarefas Curvadora Rotacional

Tarefas	Tipo de Tarefa	Duração média (minutos)
Fechar OF anterior, abrir nova OF e inserir dados no touch	Interna	0,8
Arrumar peças	Interna	2,0
Posicionar a máquina para a mudança	Interna	1,1
Retirar ferramentas da OF anterior	Interna	1,6
Ir buscar novas ferramentas	Interna	2,3
Trocar rolo	Interna	2,3
Trocar maxila e régua	Interna	2,3
Trocar broca	Interna	2,7
Trocar pinça	Interna	2,8
Trocar roletos	Interna	4,1
Selecionar programa	Interna	1,2
Ajustar alimentador	Interna	6,6
Ir buscar vagão para produto acabado	interna	1,8
Ir buscar gabarit de controlo	Interna	1,4
Ensaaios	Externa	3,9
Ajustes	Externa	5,7
Tempo Total da Mudança (minutos)		42,6

Anexo I: Conversão de tarefas (Fábrica de Tubo)

Plano de atividades Pressas Hidráulicas

Tarefas	Tipo de Tarefa
Arrumar peças	Externa
Reunir ferramentas	Externa
Ir buscar empilhador	Externa
Ir buscar ferramenta nova e preparar	Externa
Fechar OF anterior, inserir dados no touch, abrir nova OF	Interna
Desapertar ferramenta montada	Interna
Arrumar peças retiradas da ferramenta anterior	Interna
Limpar Máquina	Interna
Remover ferramenta anterior e limpar mesa	Interna
Ir arrumar ferramenta anterior	Interna
Montar ferramenta	Interna
Ir buscar vagão para produto acabado	Externa
Ajustar Curso	Externa
Ensaaios	Externa

Plano de atividades Curvadora rotacional

Tarefas	Tipo de Tarefa
Arrumar peças	Externa
Ir buscar novas ferramentas	Externa
Ir buscar vagão para produto acabado	Externa
Fechar OF anterior, abrir nova OF, inserir dados no touch	Interna
Posicionar a máquina para a mudança	Interna
Retirar ferramentas da OF anterior	Interna
Trocar rolo	Interna
Trocar maxila e régua	Interna
Trocar broca	Interna
Trocar pinça	Interna
Trocar roletos	Interna
Selecionar programa	Interna
Ajustar alimentador	Interna
Ir buscar gabarit de controlo	Externa
Ensaio	Externa
Ajustes	Externa

Plano de atividades Curvadoras antigas

Tarefas	Tipo de Tarefa
Arrumar peças	Externa
Ir buscar carro de apoio	Externa
Ir buscar ferramentas	Externa
Soprar limalhas da máquina	Externa
Fechar OF anterior, abrir nova OF, inserir dados no touch	Interna
Aperto e Encosto a 0	Interna
Abrir cabeça vertical e horizontal	Interna
Recolher mandril e empurrador	Interna
Desapertar barras de compensação	Interna
Retirar rolo e régua	Interna
Retirar pinça	Interna
Desapertar varão e retirar mandril	Interna
Desapertar carro	Interna
Montar rolo, régua e maxila e ajustar máquina	Interna
Trocar varão e montar pinça e mandril	Interna
Alinhar e apertar tudo	Interna
Ir buscar vagão para produto acabado	Externa
Carregar programa da peça a produzir	Externa
Ensaio e Ajustes	Externa

Plano de atividades Curvadoras novas

Tarefas	Tipo de Tarefa
Arrumar peças	Externa
Ir buscar carro de apoio	Externa
Ir buscar guindaste	Externa
Reunir ferramentas	Externa
Soprar limalhas da máquina	Externa
Fechar OF anterior, abrir nova OF e inserir dados no touch	Interna
Aperto e Encosto a 0	Interna
Abrir cabeça vertical e horizontal	Interna
Recolher mandril e empurrador	Interna
Retirar varão	Interna
Mudar régua	Interna
Retirar rolo	Interna
Mudar maxila	Interna
Mudar veio e rolo	Interna
Mudar mandril e pinça	Interna
Ir buscar vagão para peças	Externa
Carregar programa da peça a produzir	Externa
Ensaio e Ajustes	Externa

Anexo J: Poupança de Tempo (Fábrica de Tubo)

Tarefas convertidas Curvadora rotacional

Tarefas convertidas	Duração Média (minutos)
Arrumar peças	2,0
Ir buscar novas ferramentas	2,3
Ir buscar vagão para produto acabado	1,8
Ir buscar gabarit de controlo	1,4
Tempo de <i>setup</i> após conversão das tarefas	25,6
Tempo de <i>setup</i> original	33,1
% Poupança	23

Tarefas convertidas Curvadoras antigas

Tarefas convertidas	Duração Média (minutos)
Arrumar peças	2,0
Ir buscar ferramentas	4,3
Ir buscar carro de apoio	1,0
Soprar limalhas da máquina	1,0
Ir buscar vagão para peças	1,8
Tempo de <i>setup</i> após conversão das tarefas	20
Tempo de <i>setup</i> original	30,1
% Poupança	34

Tarefas convertidas Curvadoras novas

Tarefas convertidas	Duração Média (minutos)
Arrumar peças	2,0
Ir buscar carro de apoio	1,0
Reunir ferramentas	1,0
Soprar limalhas da máquina	1,0
Ir buscar guindaste	0,5
Ir buscar vagão para peças	1,8
Tempo de <i>setup</i> após conversão das tarefas	41,8
Tempo de <i>setup</i> original	49,1
% Poupança	15

Tarefas convertidas Prensas hidráulicas

Tarefas convertidas	Duração Média (minutos)
Arrumar peças	2,0
Reunir ferramentas	0,7
Ir buscar empilhador	9,4
Ir buscar ferramenta nova e preparar	2,7
Ir buscar vagão para produto acabado	1,8
Tempo de <i>setup</i> após conversão das tarefas	18,8
Tempo de <i>setup</i> original	35,4
% Poupança	46,9

